



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports

UPC BARCELONATECH

Aplicaciones de los sistemas de predicción oceanográfica a la gestión portuaria del puerto de Tarragona

Trabajo realizado por:

Ruiz Nieto, José

Dirigido por:

Espino Infantes, Manuel

Sánchez-Arcilla Conejo, Agustín

Máster en:

Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Barcelona, 09/2018

Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 6 |
| 1. Introducción | 7 |
| 2. Estado del arte | 11 |
| 3. Objetivos del TFM | 14 |
| 3.1. Objetivos específicos..... | 14 |
| 4. Metodología | 15 |
| 4.1. Obtención de las series temporales de corrientes..... | 15 |
| 4.2. Análisis del clima medio de corrientes..... | 17 |
| 5. Resultados | 18 |
| 6. Discusiones..... | 45 |
| 6.1. Zonificación del puerto en función de las direcciones e intensidades de las corrientes predominantes | 45 |
| 6.2. Ayuda para el practicaje..... | 46 |
| 6.3. Gestión de los vertidos en el puerto | 53 |
| 6.3.1. Vertido en el Punto 01 (Monoboya de Tarragona) | 54 |
| 6.3.2. Vertido en el Punto 04 | 54 |
| 6.3.3. Vertido en el canal principal..... | 54 |
| 6.3.4. Vertido en las dársenas | 55 |
| 7. Conclusiones y futuras líneas de trabajo | 57 |
| Webgrafía..... | 59 |
| Bibliografía | 60 |
| Anexos..... | 61 |
| Anexo 1: Características de los ficheros netcdf | 61 |
| Anexo 2: Código en Matlab de la variable “u” | 63 |
| Anexo 3: Serie temporal mensual de los puntos analizados..... | 65 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1: Evolución del tráfico total, de los buques y graneles en el puerto de Tarragona | 7 |
| Figura 2: Fotografía aérea del puerto de Tarragona | 8 |
| Figura 3: Zonificación del puerto en actividades portuaria | 9 |
| Figura 4: Predicción operativa de la circulación por el sistema SAMOA. Se muestra el Puerto de Algeciras cubierto por SAMPA de Puertos del Estado | 12 |
| Figura 5: Dominio y batimetría de la malla costera (izquierda) y malla portuaria (derecha) de Puerto de Tarragona. | 12 |
| Figura 6: Puntos de estudio en el Puerto de Tarragona..... | 16 |
| Figura 7: Localización del Punto 01 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 18 |
| Figura 8: Rosa de corrientes de primavera del Punto 01 | 19 |
| Figura 9: Rosa de corrientes de verano del Punto 01 | 19 |
| Figura 10: Rosa de corrientes de otoño del Punto 01..... | 19 |
| Figura 11: Rosa de corrientes de invierno del Punto 01 | 19 |
| Figura 12: Localización del Punto 02 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 20 |
| Figura 13: Rosa de corrientes de primavera del Punto 02..... | 21 |
| Figura 14: Rosa de corrientes de verano del Punto 02 | 21 |
| Figura 15: Rosa de corrientes de otoño del Punto 02..... | 21 |
| Figura 16: Rosa de corrientes de invierno del Punto 02 | 21 |
| Figura 17: Localización del Punto 03 A y su rosa de corrientes anual correspondiente..... | 22 |
| Figura 18: Rosa de corrientes de primavera del Punto 03 A..... | 23 |
| Figura 19: Rosa de corrientes de verano del Punto 03 A..... | 23 |
| Figura 20: Rosa de corrientes de otoño del Punto 03..... | 23 |
| Figura 21: Rosa de corrientes de invierno del Punto 03 A..... | 23 |
| Figura 22: Localización del Punto 03 B y su rosa de corrientes anual correspondiente | 24 |
| Figura 23: Rosa de corrientes de primavera del Punto 03 B..... | 25 |
| Figura 24: Rosa de corrientes de verano del Punto 03 B | 25 |
| Figura 25: Rosa de corrientes de otoño del Punto 03 B..... | 25 |
| Figura 26: Rosa de corrientes de invierno del Punto 03 | 25 |
| Figura 27: Localización del Punto 04 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 26 |
| Figura 28: Rosa de corrientes de primavera del Punto 04..... | 27 |
| Figura 29: Rosa de corriente de verano del Punto 04..... | 27 |
| Figura 30: Rosa de corrientes de otoño del Punto 04..... | 27 |
| Figura 31: Rosa de corrientes de invierno del Punto 04 | 27 |
| Figura 32: Localización del Punto 05 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 28 |
| Figura 33: Rosa de corrientes de primavera del Punto 05..... | 29 |
| Figura 34: Rosa de corrientes de verano del Punto 05 | 29 |
| Figura 35: Rosa de corrientes de otoño del Punto 05..... | 29 |
| Figura 36: Rosa de corrientes de invierno del Punto 05 | 29 |
| Figura 37: Localización del Punto 06 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 30 |
| Figura 38: Rosa de corrientes de primavera del Punto 06..... | 31 |
| Figura 39: Rosa de corrientes de verano del Punto 06 | 31 |
| Figura 40: Rosa de corrientes de otoño del Punto 06..... | 31 |
| Figura 41: Rosa de corrientes de invierno del Punto 06 | 31 |
| Figura 42: Localización del Punto 07 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 32 |
| Figura 43: Rosa de corrientes de primavera del Punto 07..... | 33 |
| Figura 44: Rosa de corrientes de verano del Punto 07 | 33 |

| | |
|--|----|
| Figura 45: Rosa de corrientes de otoño del Punto 07 | 33 |
| Figura 46: Rosa de corrientes de invierno del Punto 07 | 33 |
| Figura 47: Localización del Punto 08 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 34 |
| Figura 48: Rosa de corrientes de primavera del Punto 08..... | 35 |
| Figura 49: Rosa de corrientes de verano del Punto 08 | 35 |
| Figura 50: Rosa de corrientes de otoño del Punto 08..... | 35 |
| Figura 51: Rosa de corrientes de invierno del Punto 08 | 35 |
| Figura 52: Localización del Punto 09 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 36 |
| Figura 53: Rosa de corrientes de primavera del Punto 09..... | 37 |
| Figura 54: Rosa de corrientes de verano del Punto 09 | 37 |
| Figura 55: Rosa de corrientes de otoño del Punto 09..... | 37 |
| Figura 56: Rosa de corrientes de invierno del Punto 09 | 37 |
| Figura 57: Localización del Punto 10 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 38 |
| Figura 58: Rosa de corrientes de primavera del Punto 10..... | 39 |
| Figura 59: Rosa de corrientes de verano del Punto 10 | 39 |
| Figura 60: Rosa de corrientes de otoño del Punto 10..... | 39 |
| Figura 61: Rosa de corrientes de invierno del Punto 10 | 39 |
| Figura 62: Localización del Punto 11 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 40 |
| Figura 63: Rosa de corrientes de primavera del Punto 11..... | 41 |
| Figura 64: Rosa de corrientes de verano del Punto 11 | 41 |
| Figura 65: Rosa de corrientes de otoño del Punto 11..... | 41 |
| Figura 66: Rosa de corrientes de invierno del Punto 11 | 41 |
| Figura 67: Localización del Punto 12 y su rosa de corrientes anual correspondiente | 42 |
| Figura 68: Rosa de corrientes de primavera del Punto 12..... | 43 |
| Figura 69: Rosa de corrientes de verano del Punto 12 | 43 |
| Figura 70: Rosa de corrientes de otoño del Punto 12..... | 43 |
| Figura 71: Rosa de corrientes de invierno del Punto 12 | 43 |
| Figura 72: Descomposición de las direcciones de las corrientes sobre un buque | 46 |
| Figura 73: Primera parte del script de Matlab para la variable u | 63 |
| Figura 74: Segunda parte del script de Matlab para la variable u | 64 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Tabla de encuentros Punto 01..... | 19 |
| Tabla 2: Tabla de encuentros Punto 02..... | 21 |
| Tabla 3: Tabla de encuentros Punto 03 A..... | 23 |
| Tabla 4: Tabla de encuentros Punto 03 B..... | 25 |
| Tabla 5: Tabla de encuentros Punto 04..... | 27 |
| Tabla 6: Tabla de encuentros Punto 05..... | 29 |
| Tabla 7: Tabla de encuentros Punto 06..... | 31 |
| Tabla 8: Tabla de encuentros Punto 07..... | 33 |
| Tabla 9: Tabla de encuentros Punto 08..... | 35 |
| Tabla 10: Tabla de encuentros Punto 09..... | 37 |
| Tabla 11: Tabla de encuentros Punto 10..... | 39 |
| Tabla 12: Tabla de encuentros Punto 11..... | 41 |
| Tabla 13: Tabla de encuentros Punto 12..... | 43 |
| Tabla 14: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 01 | 47 |
| Tabla 15: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 02 | 47 |
| Tabla 16: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 03 A..... | 47 |
| Tabla 17: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 03 B..... | 47 |
| Tabla 18: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 04 | 48 |
| Tabla 19: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 05 | 48 |
| Tabla 20: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 06 | 48 |
| Tabla 21: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 07 | 48 |
| Tabla 22: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 08 | 49 |
| Tabla 23: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 09 | 49 |
| Tabla 24: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 10 | 49 |
| Tabla 25: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 11 | 49 |
| Tabla 26: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 12 | 50 |
| Tabla 27: Porcentaje de intensidades de corrientes superiores a 0.1 m/s | 50 |
| Tabla 28: Porcentaje de corrientes superiores a 0.1 m/s en cada sector en el Punto 01 | 51 |
| Tabla 29: Porcentaje de corrientes superiores a 0.1 m/s en cada sector en el Punto 04 | 52 |
| Tabla 30: Porcentaje de corrientes superiores a 0.1 m/s en cada sector en el Punto 05 | 52 |
| Tabla 31: Porcentaje de corrientes superiores a 0.1 m/s en cada sector en el Punto 06 | 53 |
| Tabla 32: Resultado ncdisp ('url') command window de Matlab | 61 |
| Tabla 33: Serie temporal mensual Punto 01 | 65 |
| Tabla 34: Serie temporal mensual Punto 02 | 66 |
| Tabla 35: Serie temporal mensual Punto 03 A | 67 |
| Tabla 36: Serie temporal mensual Punto 03 B | 68 |
| Tabla 37: Serie temporal Punto 04..... | 69 |
| Tabla 38: Serie temporal mensual Punto 05 | 70 |
| Tabla 39: Serie temporal mensual Punto 06 | 71 |
| Tabla 40: Serie temporal mensual Punto 07 | 72 |
| Tabla 41: Serie temporal mensual Punto 08 | 73 |
| Tabla 42: Serie temporal mensual Punto 09 | 74 |
| Tabla 43: Serie temporal Punto 10..... | 75 |
| Tabla 44: Serie temporal Punto 11..... | 76 |
| Tabla 45: Serie temporal Punto 12..... | 77 |

Abreviaturas

AEMET: Agencia Estatal de Meteorología

GEBCO: General Bathymetric Chart of the Oceans

CMEMS: Copernicus Marine Environment Monitoring System

GNSS: Global Navigation Satellite System

ROMS: Regional Ocean Modeling System

SAMOA: System of Meteorological and Oceanographic Support for Port Authorities

Resumen

La finalidad de este trabajo es realizar un estudio de las corrientes de una serie de puntos ubicados en el Puerto de Tarragona mediante el uso del sistema de predicción SAMOA y corroborar su interés y utilidad en labores como el practica y mejora en la gestión de la calidad del agua.

Se crea un código en Matlab con el fin de obtener las componentes de las corrientes para posteriormente realizar los cálculos pertinentes y conseguir las direcciones e intensidades de corrientes y, además, utilizando el aplicativo “Rosvi” de Matlab se obtienen las tablas de encuentro y rosas de corrientes.

Con estos resultados se realiza una zonificación del puerto en función de las direcciones e intensidades de corrientes, se analizan las maniobras de los buques que pueden verse afectadas por dichas corrientes y ver dónde se podrían acumular flotantes en caso de que se produjese un vertido.

Finalmente, se concluye que los resultados obtenidos tienen sentido físico por lo que el sistema SAMOA es de gran utilidad. Las direcciones principales de las corrientes siguen los contornos en los que están situados los puntos. Adicionalmente, se han logrado determinar las direcciones en las que se deberían de aproximar los buques para realizar las maniobras más críticas (amarre) y saber, dependiendo del mes del año, en qué zona puede acumularse un vertido.

1. Introducción

En España, aproximadamente el 85% de las importaciones y el 60% de las exportaciones se realizan mediante el uso portuario (Enrique A. Fanjul et al. 2017). Estos números indican la importancia de los puertos en la economía nacional.

En concreto, el puerto de Tarragona se encuentra en una posición privilegiada en el noreste de la península ibérica, en las coordenadas: 41°04' N y 1°12' E. Este puerto se encuentra en el mar Mediterráneo. La figura 2 muestra una imagen aérea del puerto de Tarragona.

Esta es una zona favorecida del corredor Mediterráneo ya que es un enclave estratégico del arco noroeste europeo. Además, cuenta con buenas comunicaciones marítimas, ferroviarias y aéreas.

En el puerto se llevan a cabo diferentes tipos de actividades mercantiles de graneles sólidos, graneles líquidos y mercancía general entre otras. Estas zonas se muestran para el puerto de Tarragona en la figura 3.

El puerto de Tarragona está en continuo crecimiento, se sitúa en el número 5 del ranking de los puertos españoles y se establece como uno de los enclaves portuarios líderes en Europa. Además, se considera un *hub* logístico importante en transporte de mercancías. Es un puerto diversificado y se denomina como *Green Port* ya que hay un control en los parámetros de la calidad del agua, aire y suelo. La evolución del tráfico, transporte de graneles y su crecimiento se puede ver en la figura 1.

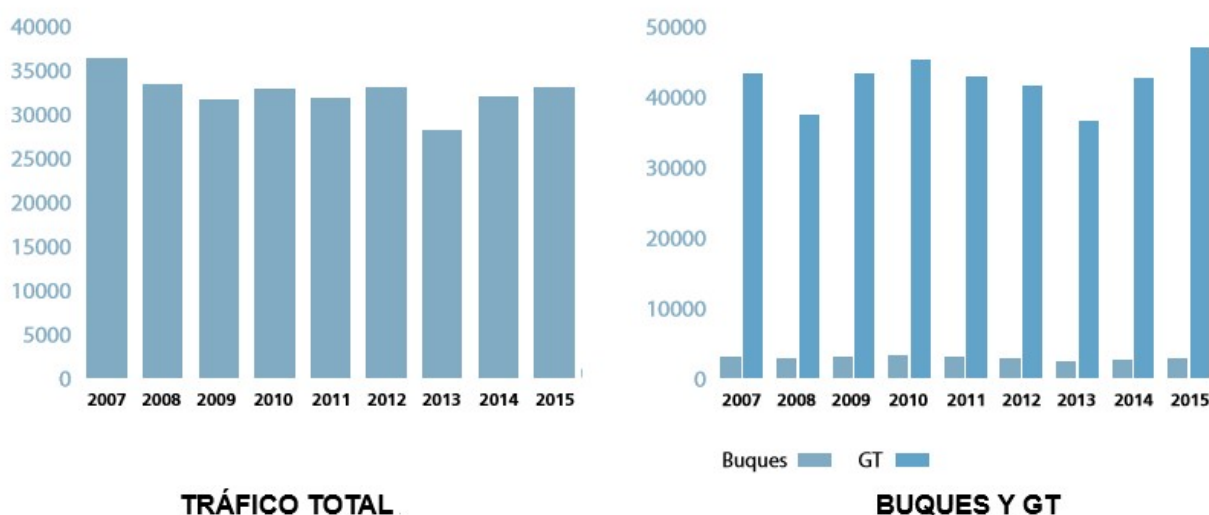


Figura 1: Evolución del tráfico total, de lo buques y graneles en el puerto de Tarragona. Fuente: Puertos del Estado

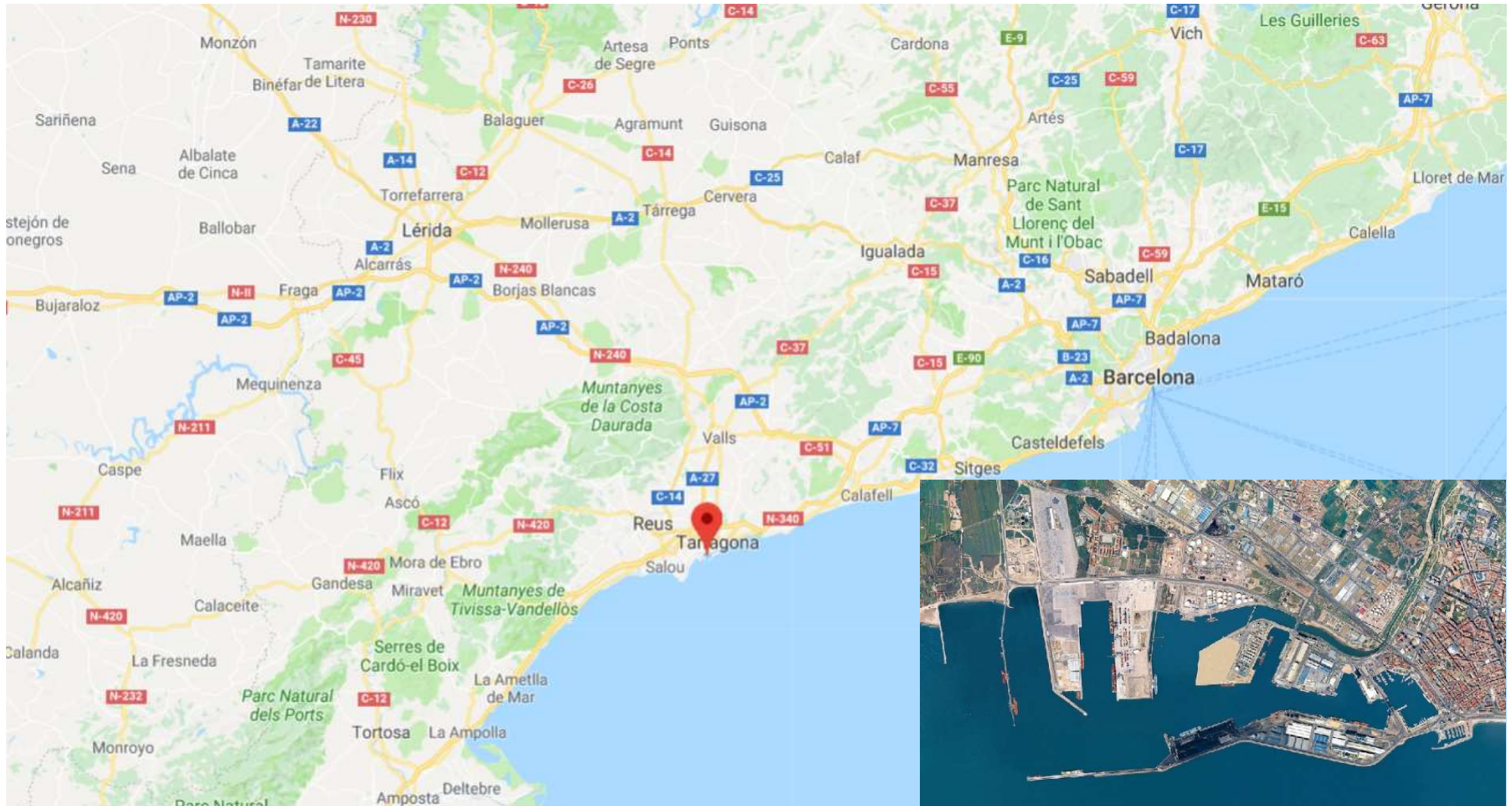


Figura 2: Fotografía aérea del puerto de Tarragona. Fuente: Google Maps

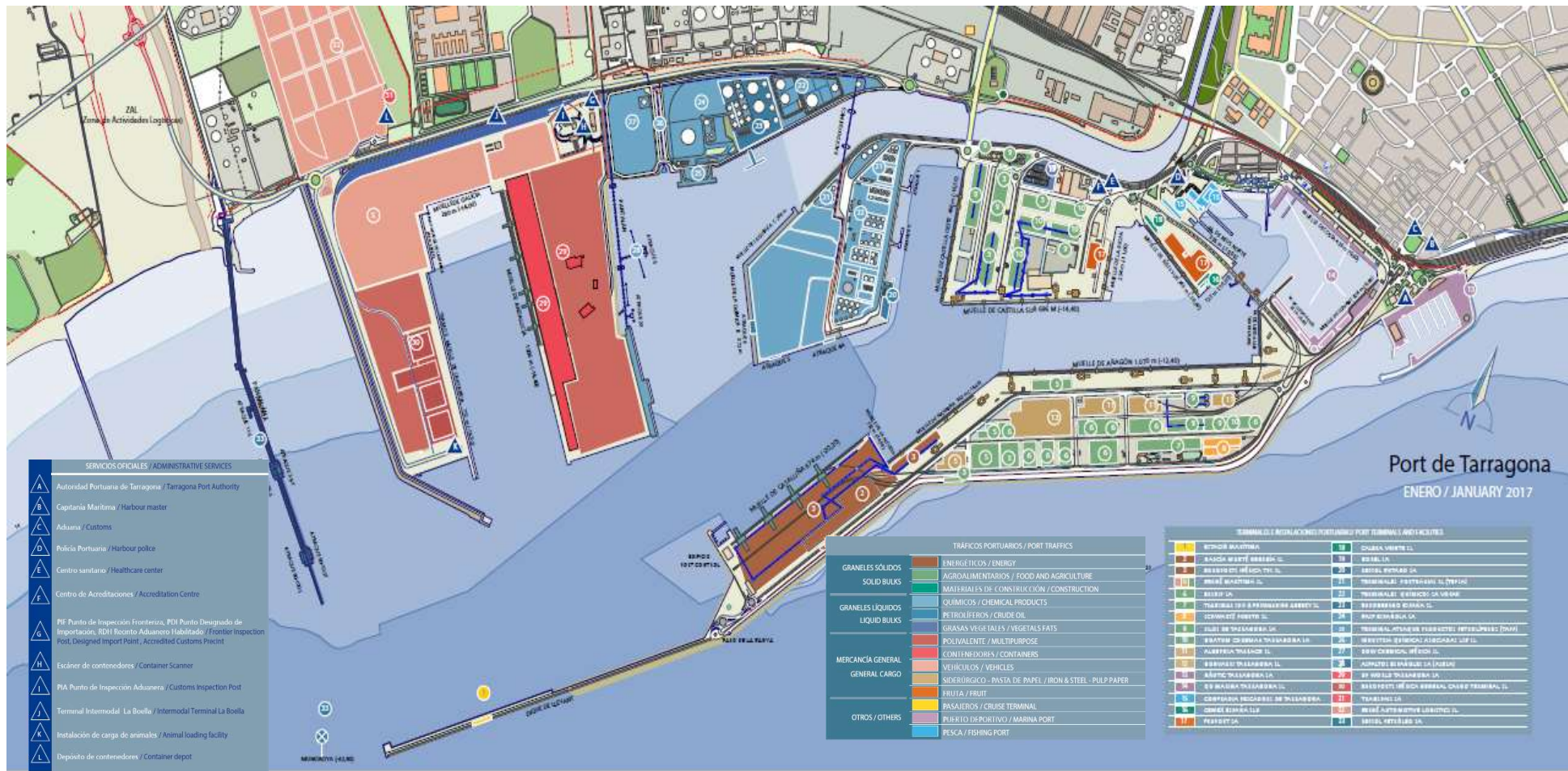


Figura 3: Zonificación del puerto en actividades portuaria. Fuente: Puerto de Tarragona

Por ello conocer el comportamiento físico de las zonas costeras y portuarias es relevante debido a que posibilita la gestión adecuada de las acciones sobre las que tienen impacto. Así, es necesario realizar predicciones sobre las condiciones ambientales en dicho entorno y obtener información de interés en tiempo real de las condiciones meteorológicas.

El nivel del mar, el oleaje y el viento han sido considerados como las características marítimas de mayor importancia para los estudios de afectación de los puertos (Marcos G. Sotillo et al. 2018). Sin embargo, actualmente se trabaja también con las corrientes que se producen tanto en las zonas costeras cercanas a los puertos como en el interior de los mismos (Marcos G. Sotillo et al. 2018), las cuales afectan a las instalaciones durante todas las fases de la vida de un puerto, desde el diseño hasta las operaciones, pasando por la construcción.

El conocimiento de las corrientes que se generan en los puertos permite dirigir de manera más eficiente la navegación y maniobras de los buques, información que también puede ser aplicada en diversas aplicaciones relacionadas con la gestión de la calidad del agua y la evaluación del riesgo ambiental portuario (Grifoll et al. 2011) (p.ej. *oil spill*). Así mismo, contar con información detallada de los patrones locales de las corrientes (patrones del flujo, tiempo de residencia y capacidad asociativa y dispersiva) permite ejecutar los procesos de forma más económica y con una mayor sostenibilidad medioambiental.

Recientemente, estudios realizados por distintas Autoridades Portuarias (Tarragona, Barcelona y Bilbao) junto con la Universidad Politécnica de Catalunya y Puertos del Estado han establecido la intensidad de corrientes como un indicador que determina los niveles de riesgo para las maniobras de las embarcaciones. A su vez, conocer la intensidad de las corrientes permite optimizar las gestiones portuarias y de la calidad de agua en puertos, basado en que una actuación más rápida en la gestión de los riesgos implica la reducción del impacto de los mismos. Además, el diseño del puerto también afecta a la circulación del agua y que en según qué días las corrientes en la bocana pueden verse intensificadas.

2. Estado del arte

SAMOA (*System of Meteorological and Oceanographic Support for Port Authorities*) es un sistema de observación y medición meteorológico y oceanográfico de soporte a las autoridades portuarias, cofinanciado por Puertos del Estado y las Autoridades Portuarias. Combina la observación, el modelado y una herramienta de manejo sencillo de toda la información para el usuario final. Es un sistema integrado, basado en datos CMEMS (Copernicus Marine Environment Monitoring System). En su marco, se han desarrollado e implementado en diferentes puertos, un total de 10 nuevos modelos atmosféricos de alta resolución, 10 modelos de oleaje, 9 modelos de circulación (basados en ROMS (*Regional Ocean Modeling System*)); estos modelos son los que se utilizan para el desarrollo de este trabajo. Además, SAMOA mejora la red existente de Puertos del Estado con 13 nuevas estaciones meteorológicas y 3 GNSS (Global Navigation Satellite System) asociados a mareógrafos.

Los objetivos por parte de las autoridades portuarias del uso del sistema SAMOA son principalmente:

- La obtención de información para el conocimiento básico de operaciones de las infraestructuras (p.ej.: el cierre del puerto en caso de eventos extremos).
- Ayuda para los prácticos. Este objetivo es además un punto muy importante en el presente estudio ya que se busca poder aportar ideas para optimizar las maniobras que se puede llevar a cabo en el puerto.
- Aumento de la seguridad y de la eficiencia en las operaciones portuarias (p.ej.: planificación de las operaciones tipo RO-RO).
- Gestión de los vertidos en el interior de los puertos. Este es otro de los aspectos principales que se van a tratar a lo largo de este trabajo para intentar caracterizar el posible comportamiento de los flotantes en el puerto de Tarragona.
- Control de la calidad del agua y del aire.

Y su implementación ha permitido mejorar los siguientes problemas científicos:

- En el uso de un modelo capaz de reproducir los procesos costeros
- De representación suficientemente detallada de las características batimétricas
- De representación de las interacciones aire-mar
- De metodología para alcanzar un sistema de modelo costero correctamente insertado en una solución a escala regional extendida
- De inclusión de la interacción tierra-mar

El sistema SAMOA confía fuertemente en los datos monitorizados previamente por las redes de Puertos del Estado. Se ha utilizado SAMOA para localizar vacíos de información y así mejorar la obtención de datos de las estaciones meteorológicas de los puertos y de sus mareógrafos utilizando el sistema GNSS.

Como ya se ha comentado, en este trabajo se va a utilizar la componente de modelos circulación de la que SAMOA genera diariamente una predicción a corto plazo de tres

días de corrientes 3D y otros parámetros oceánicos (p.ej.: temperatura, salinidad y nivel del mar), para nueve puertos situados en el Mediterráneo y Atlántico (Puerto de Barcelona, Puerto de Tarragona, Puerto de Almería, Puerto de Bilbao, Puerto de Ferrol) y cuatro puertos más de las Islas Canarias (figura 4).

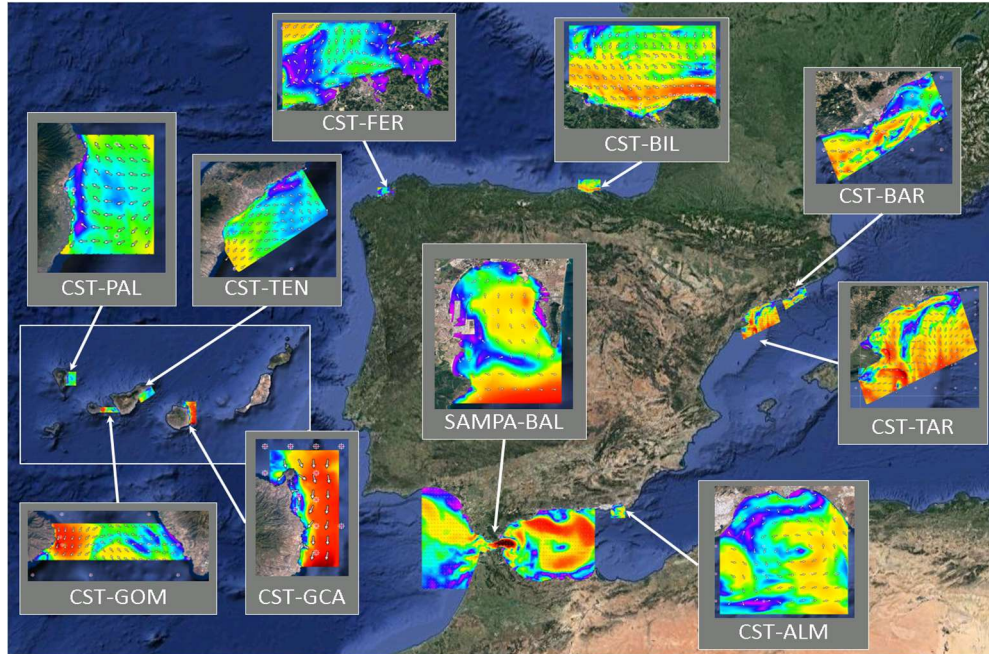


Figura 4: Predicción operativa de la circulación por el sistema SAMOA. Se muestra el Puerto de Algeciras cubierto por SAMPA de Puertos del Estado. Fuente: High Resolution Coastal Ocean Forecasting in Spanish Ports: The SAMOA Operational Service

La implementación de estos modelos en SAMOA consiste en dos mallas regulares anidadas con resolución espacial de aproximadamente 350 m. para el dominio costero y 70 m. para el dominio portuario. La discretización vertical consiste en 20 niveles sigma para el dominio costero (exceptuando las Canarias que, debido a la mayor profundidad de la batimetría, se utilizan 30 niveles en este caso) y 15 niveles para los dominios portuarios. La batimetría del sistema costero de SAMOA se genera usando una combinación de datos batimétricos de GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans).

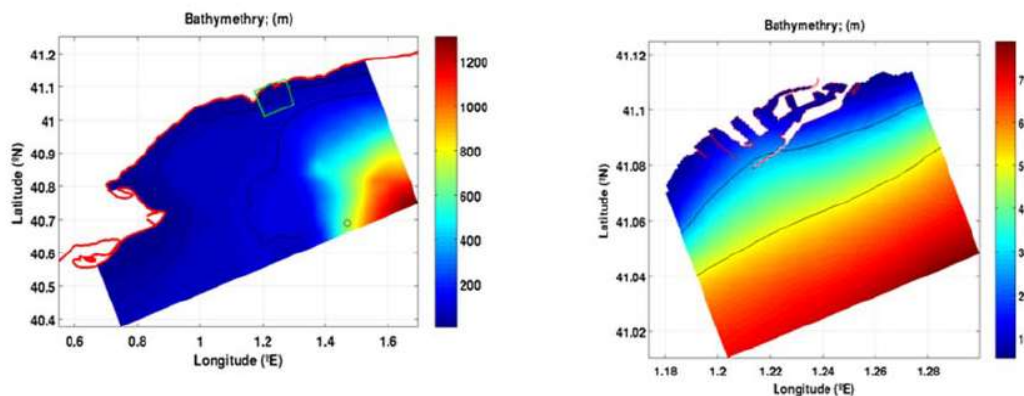


Figura 5: Dominio y batimetría de la malla costera (izquierda) y malla portuaria (derecha) de Puerto de Tarragona. Fuente: High Resolution Coastal Ocean Forecasting in Spanish Ports: The SAMOA Operational Service

Además, el forzamiento meteorológico de estos modelos se actualiza cada hora (para las variables de viento, temperatura y flujo de agua) utilizando las predicciones de la Agencia Meteorológica Española AEMET.

Finalmente, se realizan observaciones in-situ de las corrientes del agua en superficie, utilizando la red de observaciones de Puertos del Estado, para validar y comprobar la calidad de los resultados. En concreto para el sistema SAMOA de Tarragona las corrientes son observadas por el radar de HF de Tarragona disponible.

Se utilizan medidas de las corrientes superficiales (aproximadamente a 3 m. de profundidad) para validar el dominio costero.

Pero, existe una falta de observaciones de corrientes en las zonas que no permite una validación más directa y exhaustiva del sistema SAMOA. En algunos entornos se puede hacer una comparación cualitativa de los patrones de circulación resultantes del modelo y compararlo con la información principal de los estudios y campañas realizadas previamente en las aguas portuarias (Marcos G. Sotillo et al 2018).

3. Objetivos del TFM

El objetivo principal de este trabajo es demostrar el interés del uso de los resultados de corrientes superficiales obtenidos en SAMOA para optimizar la gestión de las actividades portuarias y mejorar la situación medioambiental de las aguas del Puerto de Tarragona.

3.1. Objetivos específicos

- Obtención de series temporales de corrientes superficiales en los puntos de interés del puerto.
- Analizar el clima medio de corrientes superficiales en estos puntos mediante rosas de corrientes y tablas de encuentro.
- Realizar la zonificación del puerto en función de las direcciones e intensidades de las corrientes superficiales predominantes.
- Ayudar al practica de las actividades portuarias.
- Ayudar a la gestión de la calidad del agua del puerto y ver en qué zonas se acumularían flotantes en caso de vertido.

4. Metodología

Justificado por los resultados del Convenio entre el Organismo Público de Puertos del Estado, las Autoridades Portuarias de Tarragona, Barcelona y Bilbao y la UPC (LIM/UPC, 2015), en este trabajo se ha analizado el dominio del puerto de Tarragona a partir de trece puntos representativos del mismo. Se analizan las componentes y patrones de circulación superficial del agua que permitan tomar decisiones de gestión y optimización de tareas y de sostenibilidad medioambiental.

Cuatro de estos puntos de estudio ya estaban definidos por las Autoridades Portuarias de Tarragona (punto 01, 07, 08 y 09) (LIM/UPC, 2015) y los restantes se han determinado pensando en qué puntos podrían ser de mayor relevancia para las actividades portuarias.

La localización de los puntos se muestra en la figura 6.

4.1. Obtención de las series temporales de corrientes

Para cada uno de esta serie de puntos, se han obtenido las series temporales de intensidad y dirección de la corriente superficial a partir del resultado del sistema de predicción SAMOA, correspondientes al nodo computacional más cercano al punto estudiado.

Los resultados de SAMOA que se han tratado están contenidos en archivos “netCDF”. Este tipo de formato de archivo se utiliza para el almacenamiento de datos científicos de varias variables, es decir, multidimensional. En concreto, para este trabajo los archivos tratados contienen variables de dirección de corrientes, temperatura, salinidad, profundidad, entre otras (ver anexo 1). Se accede a estos archivos en la página web “<http://opendap.puertos.es/thredds/catalog.html>”. Los archivos que se han analizado son a escala local del puerto de Tarragona.

Los ficheros netcdf utilizados corresponden a un periodo de tiempo de un año, de marzo de 2017 a febrero de 2018. A partir de estos ficheros se ha creado una serie temporal de las corrientes para analizar el clima medio de corrientes en los trece puntos de estudio mencionados.

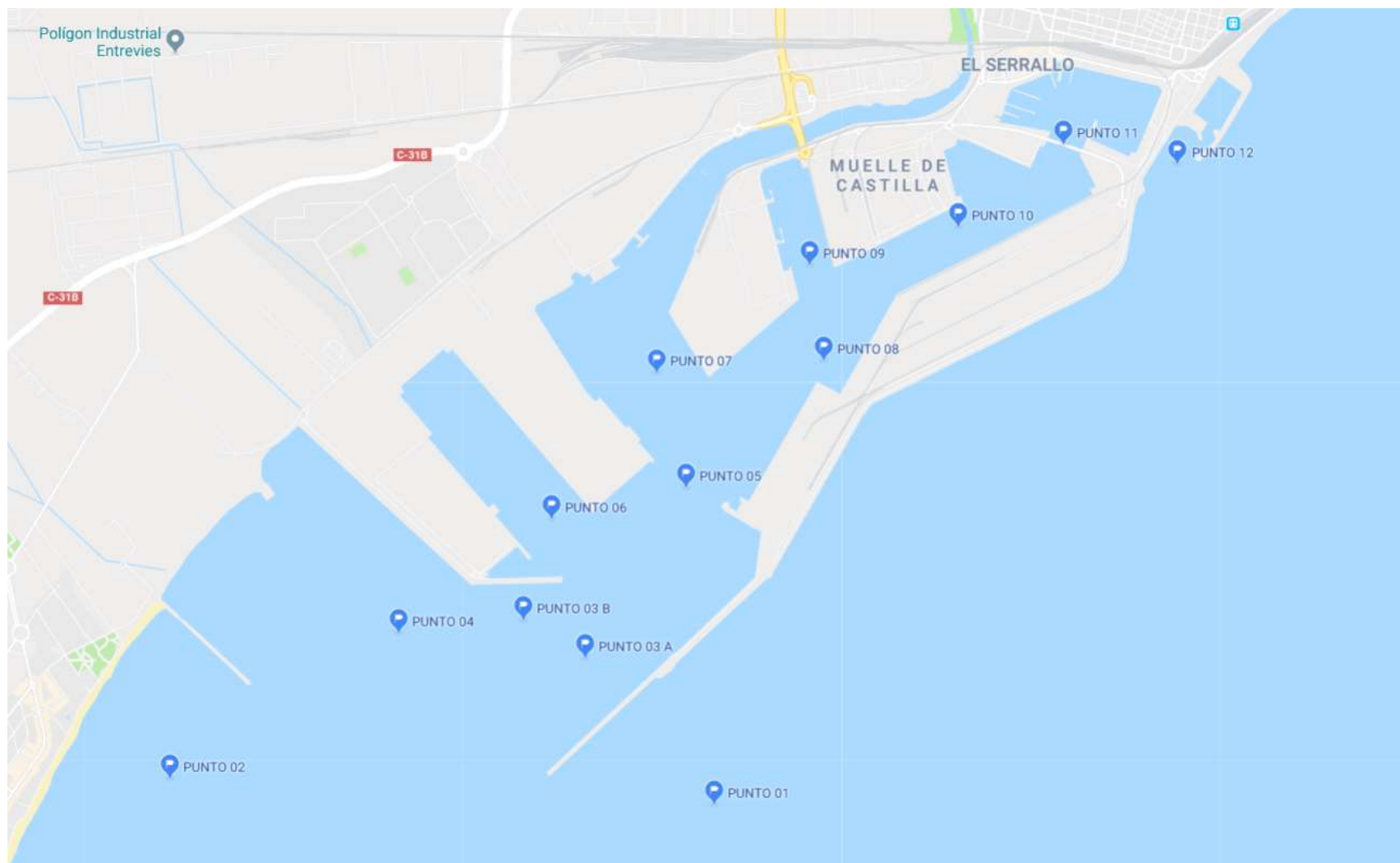


Figura 6: Puntos de estudio en el Puerto de Tarragona. Fuente: Elaboración propia

El código utilizado para obtener las series temporales de corrientes en la zona en la que cada punto es representativo ha sido programado en Matlab (ver anexo 2). Las variables de interés contenidas en estos archivos netcdf son “u” y “v” (matrices 4D de corrientes, en m/s, hacia el este y hacia el norte respectivamente). El principal objetivo del uso de Matlab es poder concatenar las “url” y automatizar el proceso de obtención y procesamiento de datos. Una vez se obtienen las matrices de datos, el resto de cálculos se han realizado con Excel. Se obtienen series temporales horarias y se separan mensualmente para posteriormente analizar el clima medio anual y estacional donde las estaciones se definen como:

- Primavera: marzo, abril, mayo
- Verano: junio, julio, agosto
- Otoño: septiembre, octubre, noviembre
- Invierno: diciembre, enero, febrero

4.2. Análisis del clima medio de corrientes

Se decide analizar el clima medio de corrientes en cada punto a partir de las rosas de corrientes y tablas de encuentro.

En primer lugar, para crear las rosas de corrientes se obtienen de los datos la intensidad y la dirección de las corrientes a partir de las componentes “u” y “v”, para eso se utilizan las ecuaciones (1) y (2).

- Intensidad de las corrientes

$$|\vec{u}| = \sqrt{u^2 + v^2} \quad (1)$$

- Dirección de las corrientes

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{u}{v} \rightarrow \operatorname{arctg} \frac{u}{v} = \theta \quad (2)$$

Se observó que aplicando esta fórmula y dependiendo si los valores de “u” y “v” eran positivos o negativos aparecían direcciones negativas. Estas direcciones negativas, es decir, ángulos negativos no los lee correctamente el aplicativo utilizado para el cálculo de las rosas que se comenta posteriormente. Por lo que para solucionar esto, se ha de corregir según el signo de “u” y “v” sumando 180° o 360°.

Con los datos obtenidos, se utiliza el aplicativo ROSVI de Matlab para generar las rosas de corrientes. Este aplicativo importa los datos de un Excel en el que en la primera columna hay direcciones y en la segunda hay intensidades de corriente.

Finalmente, este mismo aplicativo genera tablas de encuentro “Intensidad-Dirección” a partir de las cuales se obtienen los porcentajes de corrientes que hay en cada dirección y se le pueden asociar sus velocidades medias y máximas.

5. Resultados

Se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los trece puntos identificados (ver figura 6) como representación del puerto:

- PUNTO 01 (Monoboya de Tarragona)

Este punto se sitúa en la monoboya de Tarragona, la cual está situada al exterior del puerto de Tarragona. Una monoboya es un elemento fundamental en la refinería en la que atracan los buques para poder descargar el crudo.

- ANUAL

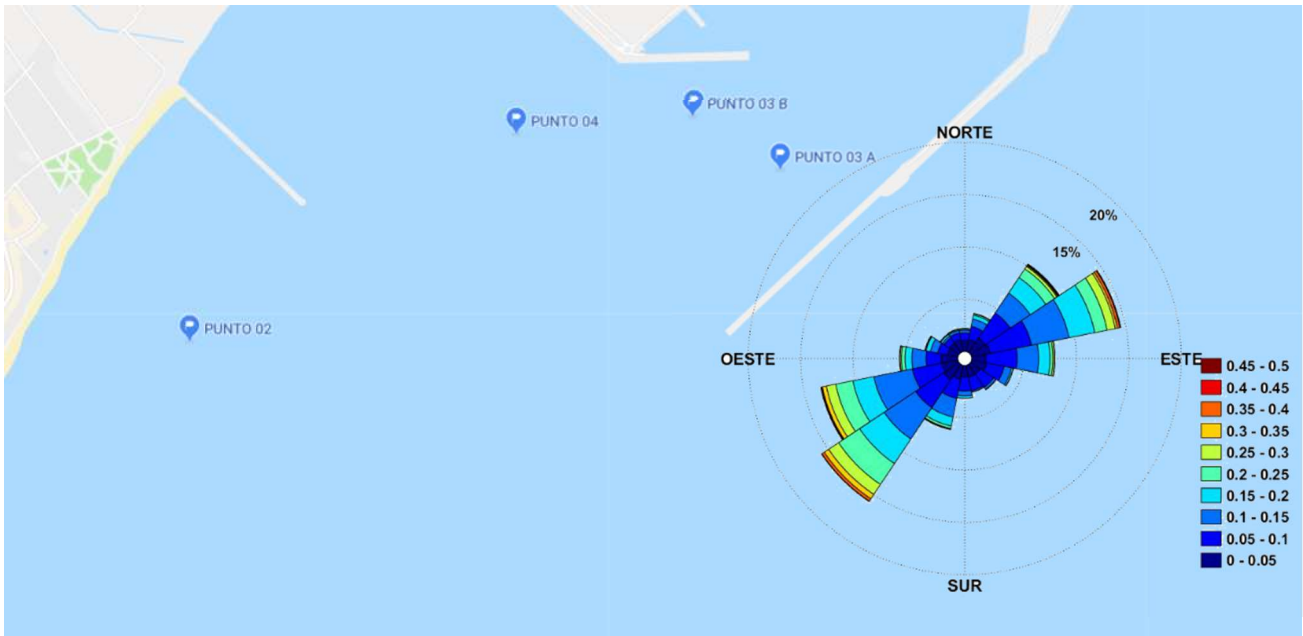


Figura 7: Localización del Punto 01 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

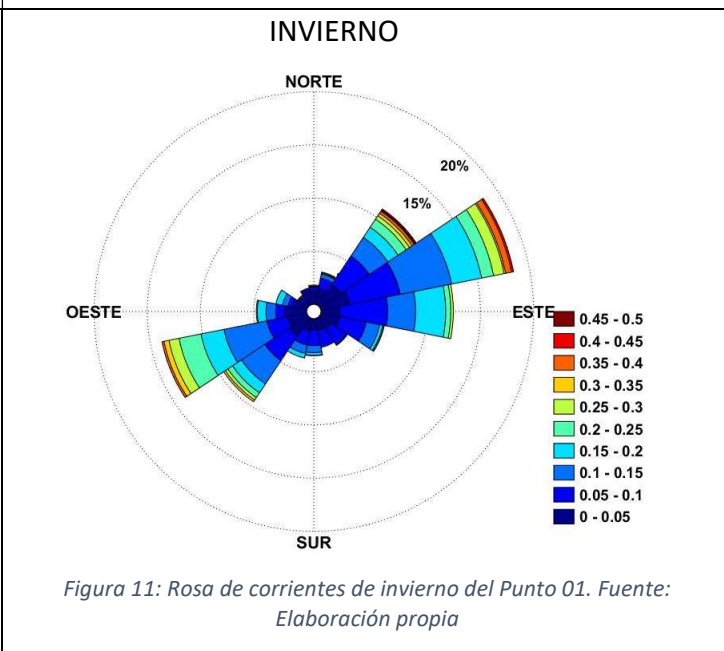
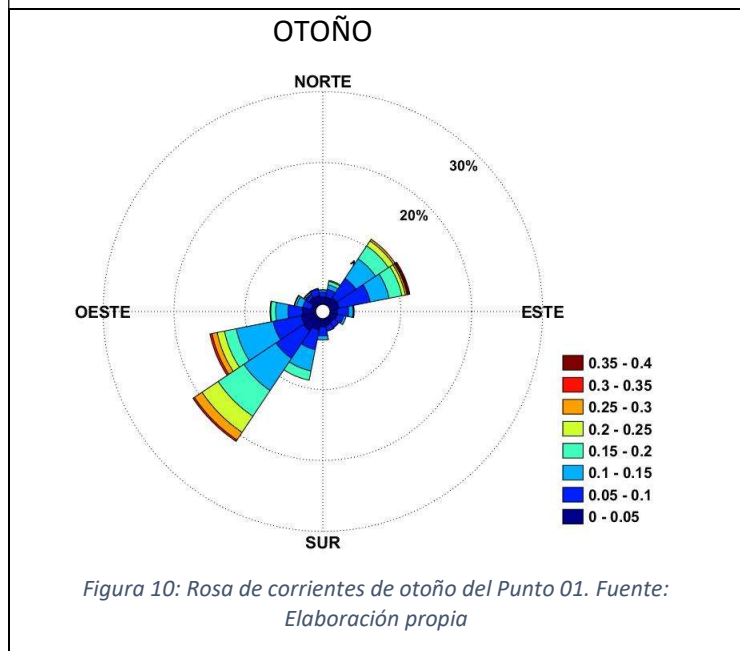
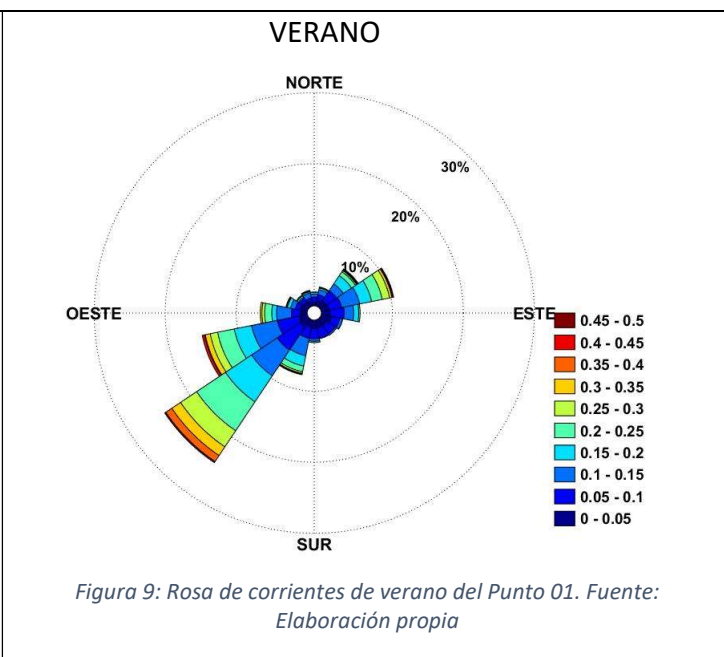
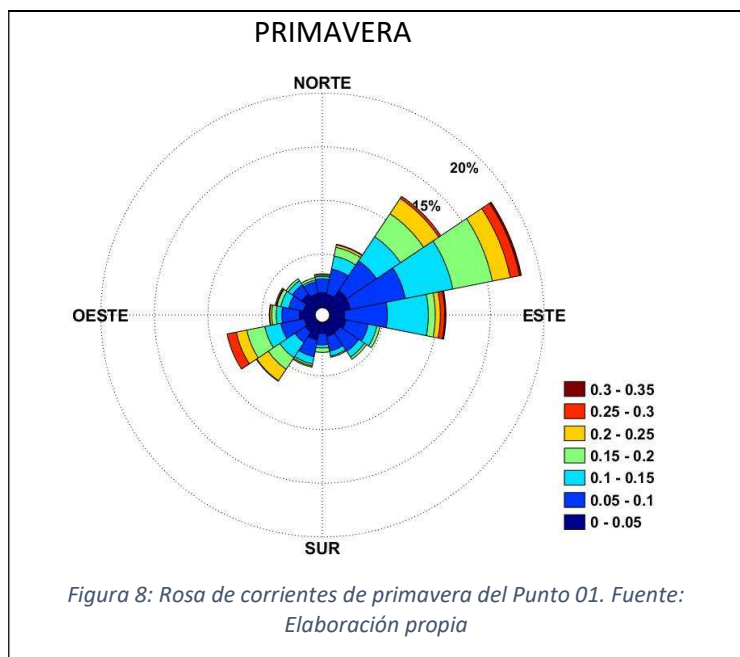


Tabla 1: Tabla de encuentros Punto 01

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 01 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 175 | 0.242 | 0.068 | 2.216 | 0.049 |
| NNE | 295 | 0.312 | 0.087 | 3.736 | 0.059 |
| NE | 805 | 0.480 | 0.124 | 10.195 | 0.079 |
| ENE | 1146 | 0.483 | 0.133 | 14.514 | 0.080 |
| E | 628 | 0.385 | 0.103 | 7.953 | 0.059 |
| ESE | 321 | 0.264 | 0.071 | 4.065 | 0.041 |
| SE | 232 | 0.178 | 0.060 | 2.938 | 0.032 |
| SSE | 208 | 0.151 | 0.057 | 2.634 | 0.030 |

| | | | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| S | 248 | 0.203 | 0.071 | 3.141 | 0.043 |
| SSO | 495 | 0.353 | 0.103 | 6.269 | 0.060 |
| SO | 1246 | 0.475 | 0.150 | 15.780 | 0.083 |
| OSO | 1055 | 0.422 | 0.142 | 13.361 | 0.081 |
| O | 440 | 0.335 | 0.102 | 5.572 | 0.068 |
| ONO | 254 | 0.300 | 0.088 | 3.217 | 0.059 |
| NO | 172 | 0.279 | 0.069 | 2.178 | 0.056 |
| NNO | 176 | 0.268 | 0.064 | 2.229 | 0.052 |

Las direcciones predominantes anuales son NE, ENE, SO y OSO como se muestra en las rosas de corrientes y ratifican las tablas de encuentro. Son direcciones aproximadamente paralelas a la costa que son el resultado esperado. En estas direcciones se encuentran las corrientes de mayor intensidad que están próximas a los 0.5 m/s.

En primavera e invierno las direcciones principales son NE, ENE, E. En el caso de invierno se añadiría la dirección OSO.

En otoño y verano, en cambio, las direcciones principales son SO y OSO.

- PUNTO 02

Este punto también está situado en la zona exterior al puerto, cercano a la playa de la Pineda.

- ANUAL

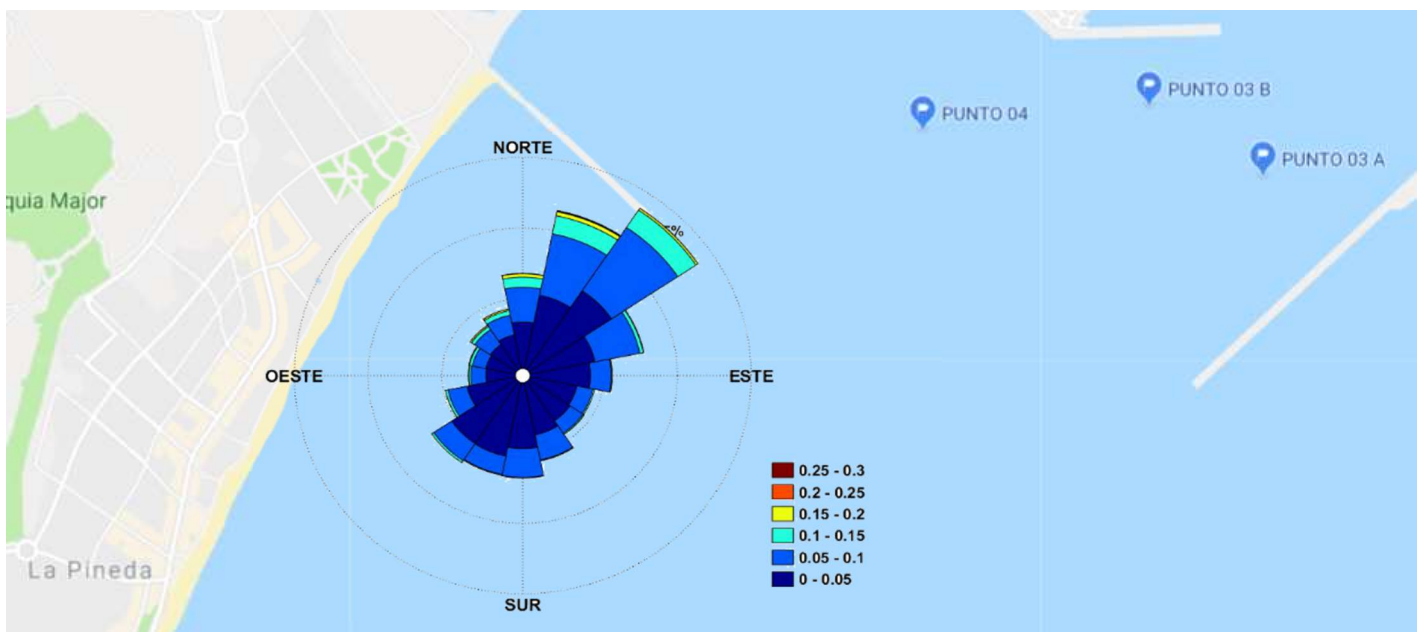


Figura 12: Localización del Punto 02 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

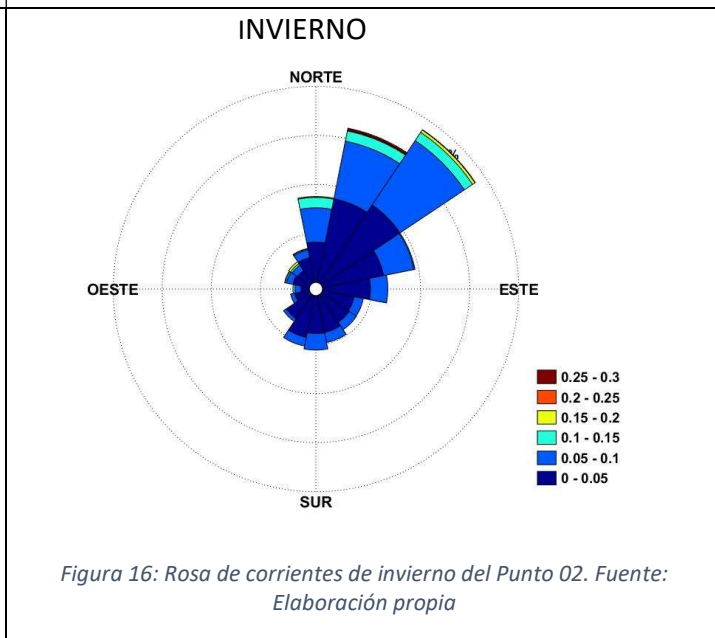
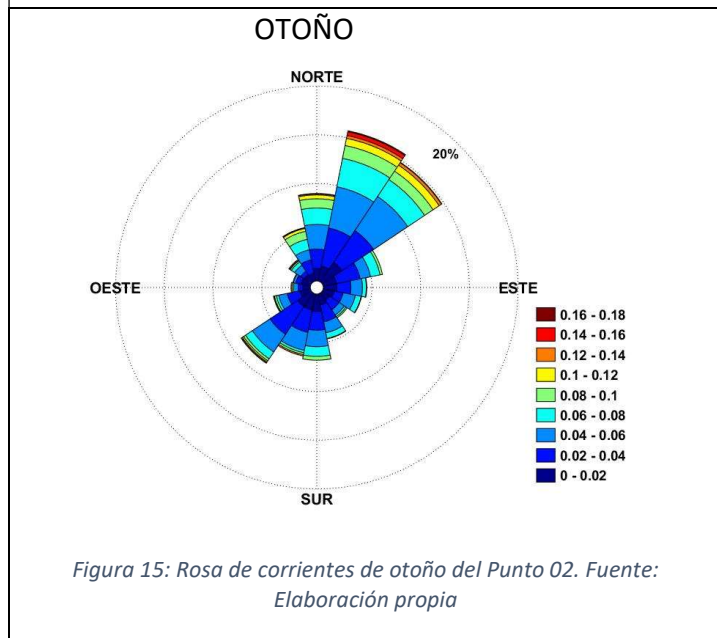
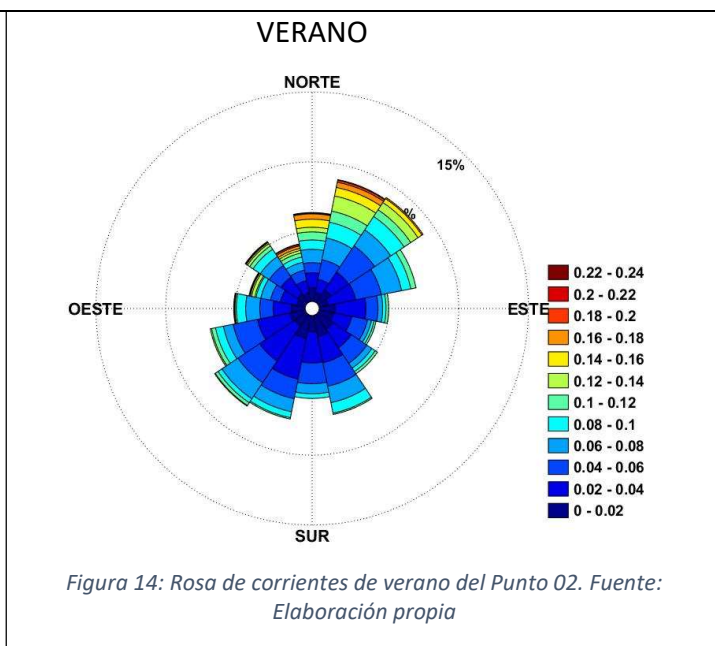
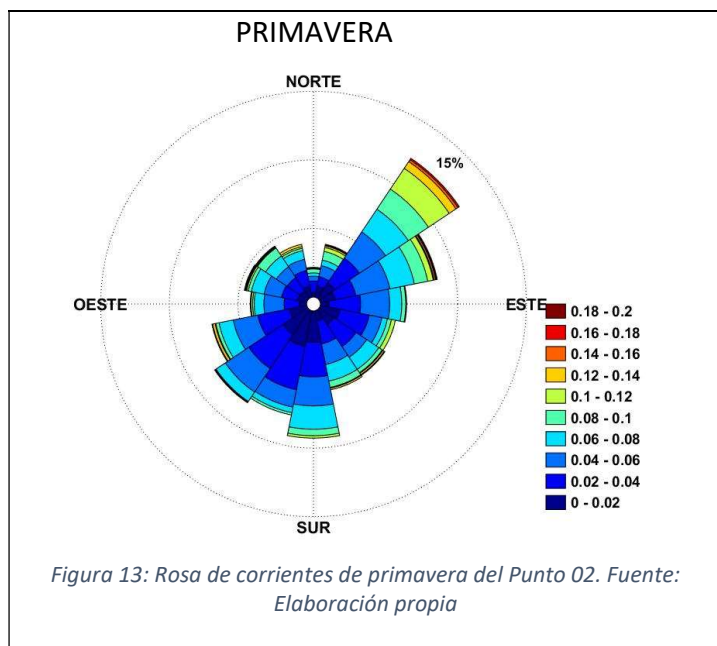


Tabla 2: Tabla de encuentros Punto 02

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 02 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 534 | 0.232 | 0.059 | 6.763 | 0.039 |
| NNE | 905 | 0.286 | 0.061 | 11.461 | 0.040 |
| NE | 1090 | 0.257 | 0.057 | 13.804 | 0.035 |
| ENE | 622 | 0.186 | 0.048 | 7.877 | 0.026 |
| E | 440 | 0.150 | 0.042 | 5.572 | 0.024 |
| ESE | 352 | 0.120 | 0.038 | 4.458 | 0.024 |
| SE | 357 | 0.158 | 0.039 | 4.521 | 0.025 |
| SSE | 448 | 0.127 | 0.042 | 5.674 | 0.024 |
| S | 535 | 0.114 | 0.039 | 6.776 | 0.023 |

| | | | | | |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| SSO | 531 | 0.135 | 0.035 | 6.725 | 0.021 |
| SO | 548 | 0.141 | 0.038 | 6.940 | 0.023 |
| OSO | 384 | 0.169 | 0.042 | 4.863 | 0.027 |
| O | 252 | 0.184 | 0.047 | 3.191 | 0.031 |
| ONO | 256 | 0.217 | 0.047 | 3.242 | 0.036 |
| NO | 300 | 0.225 | 0.053 | 3.799 | 0.038 |
| NNO | 342 | 0.222 | 0.054 | 4.331 | 0.038 |

Anualmente las direcciones predominantes son NNE y NE, aunque el resto de corrientes está muy repartidas. Esto puede ser debido a que es un punto situado más cercano a la costa. Sin embargo, se puede observar en la rosa de corrientes que mayoritariamente siguen direcciones paralelas a la costa nuevamente.

En primavera la dirección principal es NE; en verano están repartidas, pero siguiendo las direcciones paralelas a la costa, en otoño e invierno NNE y NE.

- Punto 03 A

El Punto 03 A, se sitúa en la bocana del puerto por lo que este punto permitirá analizar el flujo del agua que entra o sale del puerto.

- ANUAL

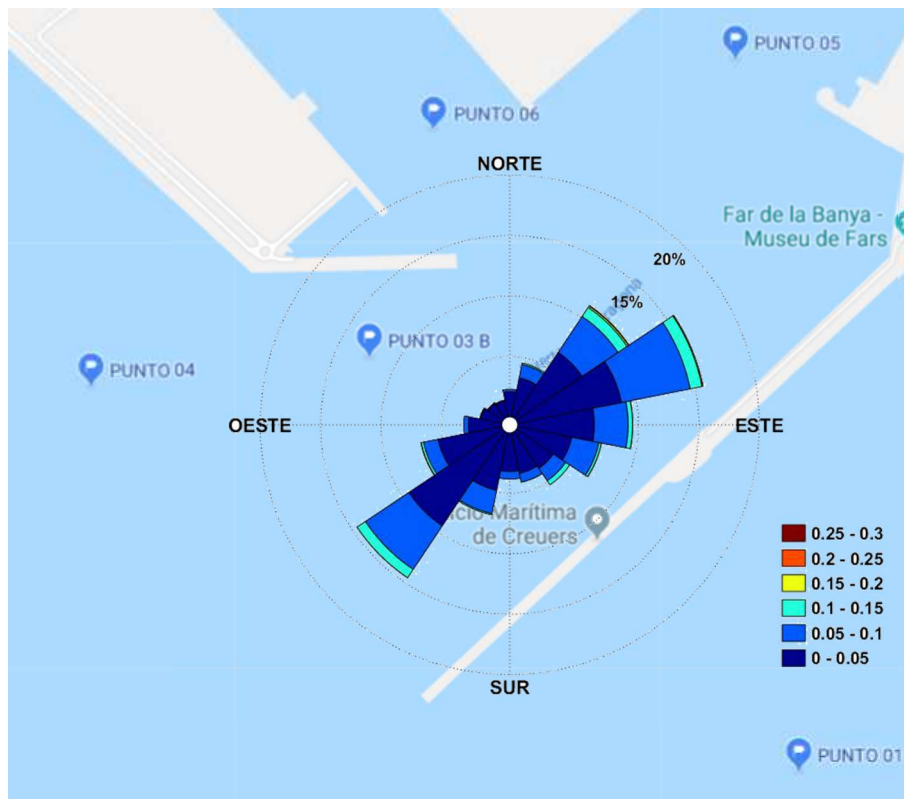


Figura 17: Localización del Punto 03 A y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

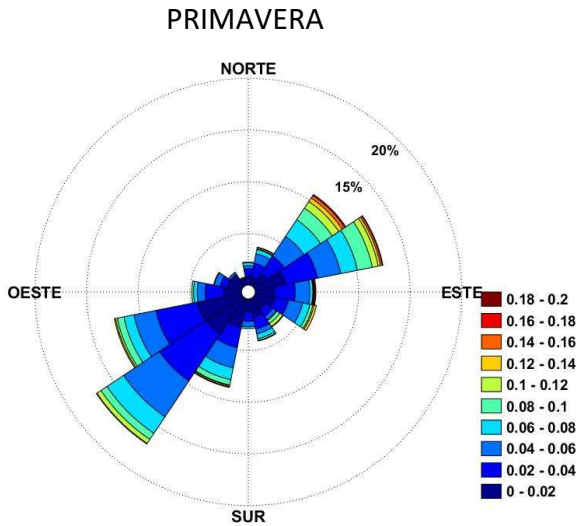


Figura 18: Rosa de corrientes de primavera del Punto 03 A. Fuente: Elaboración propia

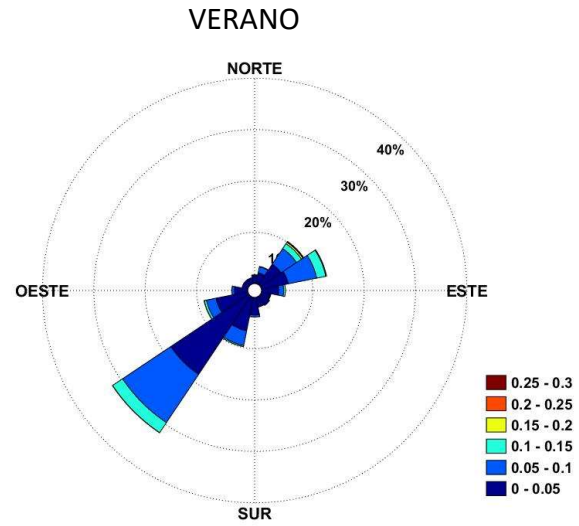


Figura 19: Rosa de corrientes de verano del Punto 03 A. Fuente: Elaboración propia

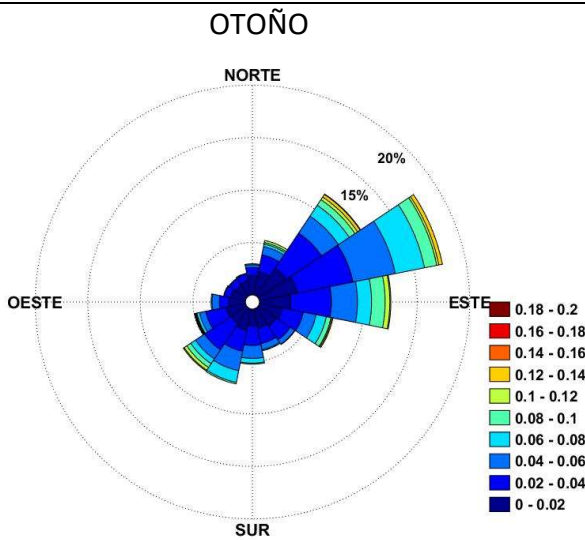


Figura 20: Rosa de corrientes de otoño del Punto 03 A. Fuente: Elaboración propia

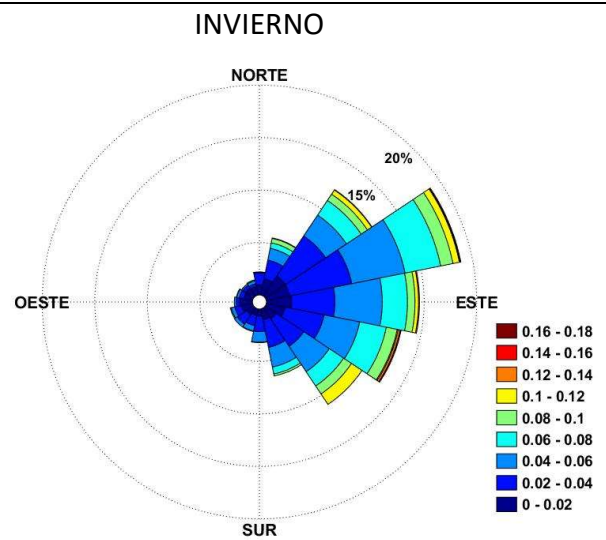


Figura 21: Rosa de corrientes de invierno del Punto 03 A. Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Tabla de encuentros Punto 03 A

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 03 A | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 180 | 0.102 | 0.024 | 2.280 | 0.018 |
| NNE | 359 | 0.150 | 0.037 | 4.547 | 0.026 |
| NE | 885 | 0.285 | 0.050 | 11.208 | 0.037 |
| ENE | 1237 | 0.191 | 0.050 | 15.666 | 0.031 |
| E | 753 | 0.171 | 0.042 | 9.536 | 0.028 |
| ESE | 560 | 0.155 | 0.043 | 7.092 | 0.028 |
| SE | 419 | 0.139 | 0.042 | 5.306 | 0.030 |
| SSE | 330 | 0.132 | 0.031 | 4.179 | 0.020 |

| | | | | | |
|-----------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| S | 302 | 0.092 | 0.031 | 3.825 | 0.018 |
| SSO | 547 | 0.145 | 0.039 | 6.928 | 0.026 |
| SO | 1150 | 0.155 | 0.045 | 14.564 | 0.028 |
| OSO | 541 | 0.184 | 0.035 | 6.852 | 0.027 |
| O | 249 | 0.100 | 0.028 | 3.153 | 0.019 |
| ONO | 148 | 0.065 | 0.020 | 1.874 | 0.014 |
| NO | 123 | 0.058 | 0.018 | 1.558 | 0.013 |
| NNO | 113 | 0.074 | 0.020 | 1.431 | 0.015 |

Las direcciones predominantes son NE, ENE y SO, mayoritariamente hacia el interior del puerto y siguiendo su canal principal.

En primavera y verano las direcciones principales son NE, EN y SO, en primavera hay que añadir la dirección OSO.

En otoño e invierno son NE, ENE y E, añadiendo en invierno la dirección ESE.

- Punto 03 B

De la misma forma que el punto 03 A, el punto 03 B se ubica en la bocana del puerto, pero al otro lado, permitiendo conocer el comportamiento del flujo en la entrada.

- ANUAL

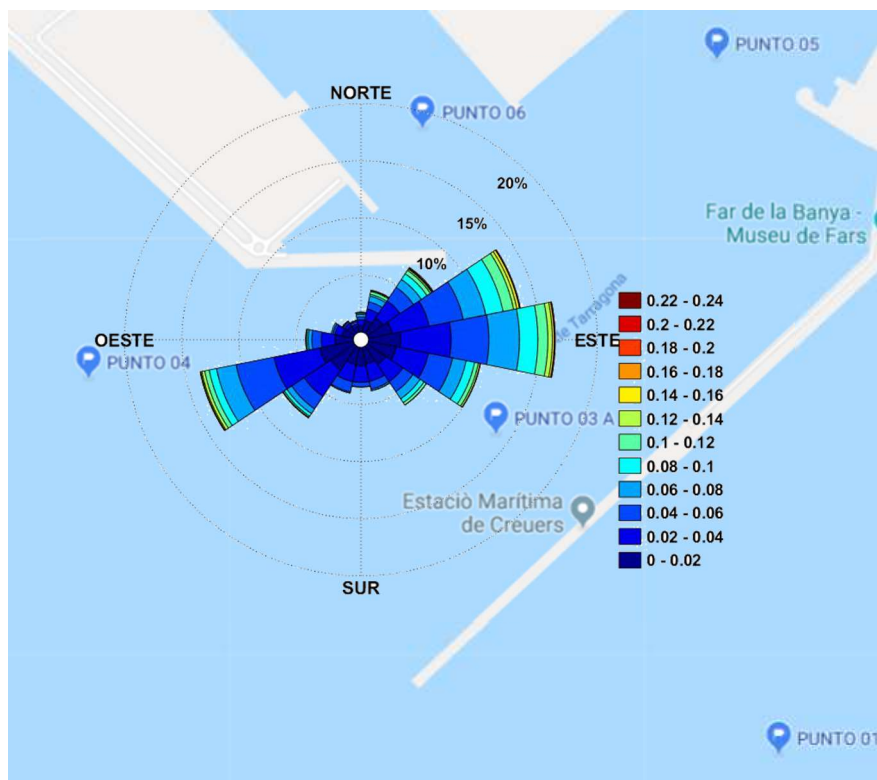


Figura 22: Localización del Punto 03 B y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

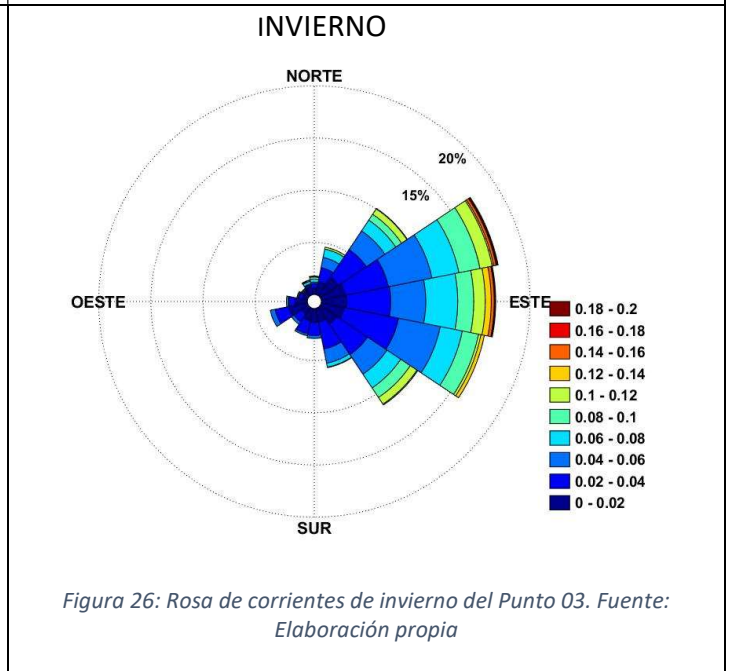
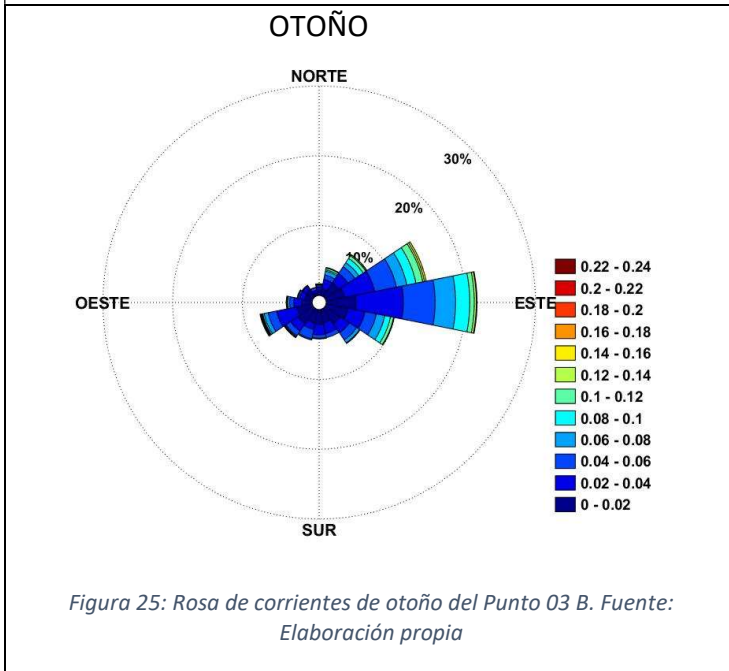
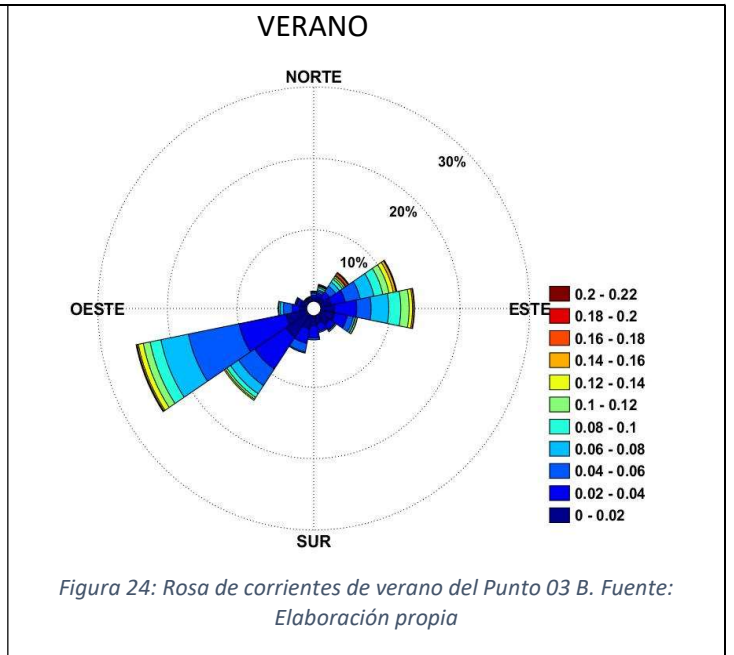
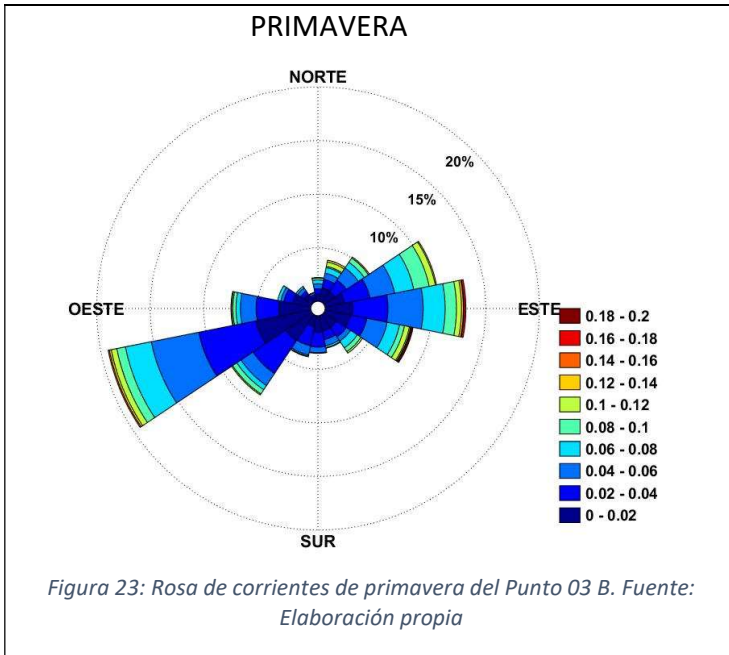


Tabla 4: Tabla de encuentros Punto 03 B

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 03 B | | | | | |
|---------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 139 | 0.191 | 0.041 | 1.760 | 0.035 |
| NNE | 298 | 0.218 | 0.045 | 3.774 | 0.036 |
| NE | 549 | 0.215 | 0.049 | 6.953 | 0.037 |
| ENE | 1070 | 0.201 | 0.055 | 13.551 | 0.035 |
| E | 1290 | 0.196 | 0.052 | 16.337 | 0.033 |
| ESE | 790 | 0.199 | 0.044 | 10.005 | 0.030 |
| SE | 492 | 0.132 | 0.039 | 6.231 | 0.028 |
| SSE | 308 | 0.092 | 0.028 | 3.901 | 0.017 |

| | | | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| S | 276 | 0.065 | 0.024 | 3.495 | 0.014 |
| SSO | 325 | 0.107 | 0.028 | 4.116 | 0.017 |
| SO | 599 | 0.126 | 0.034 | 7.586 | 0.024 |
| OSO | 1081 | 0.226 | 0.044 | 13.690 | 0.030 |
| O | 330 | 0.135 | 0.033 | 4.179 | 0.025 |
| ONO | 158 | 0.078 | 0.024 | 2.001 | 0.018 |
| NO | 105 | 0.084 | 0.023 | 1.330 | 0.019 |
| NNO | 86 | 0.114 | 0.031 | 1.089 | 0.025 |

Las direcciones principales son ENE, E, ESE y SO siguiendo aproximadamente el canal principal lo cual tiene sentido físico. En su mayoría la corriente se dirige hacia el interior del puerto, casi un 40%.

En primavera y verano las direcciones predominantes son ENE, E y OSO. En verano también hay que añadir la dirección SO con un 15% aproximadamente. En otoño e invierno son ENE, E y ESE.

- Punto 04

El punto 04 se fija cercano al pantalán de Repsol, con intención de saber qué ocurriría en ese punto si se produjese un vertido de petróleo en dicha instalación.

- ANUAL

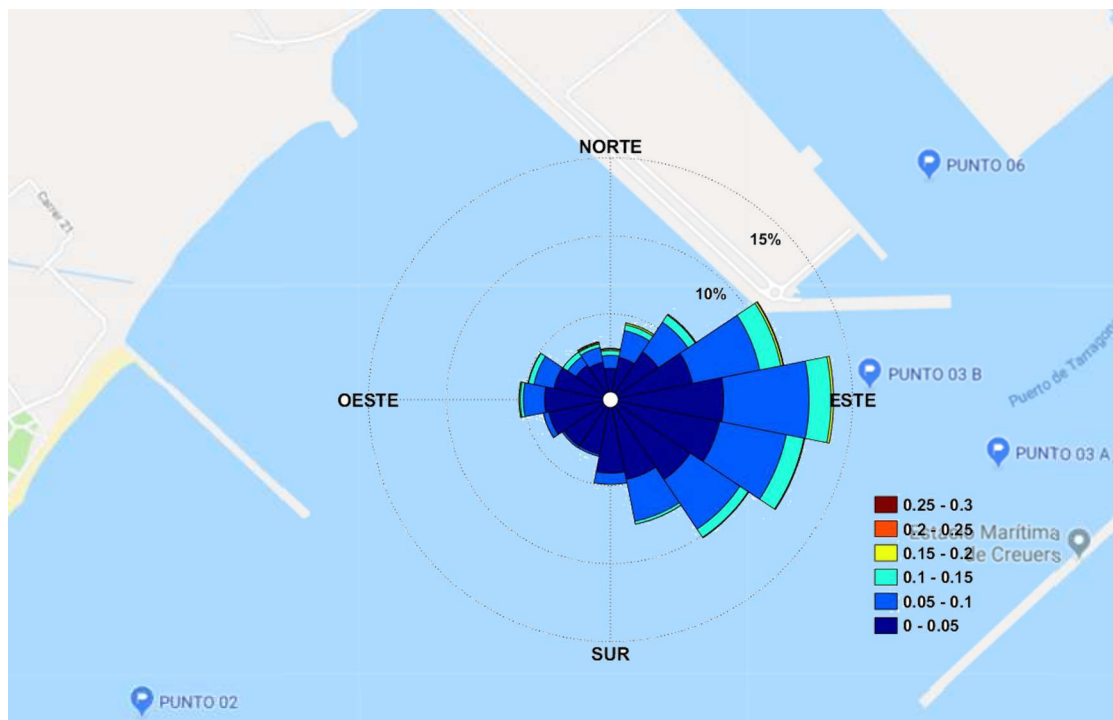


Figura 27: Localización del Punto 04 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

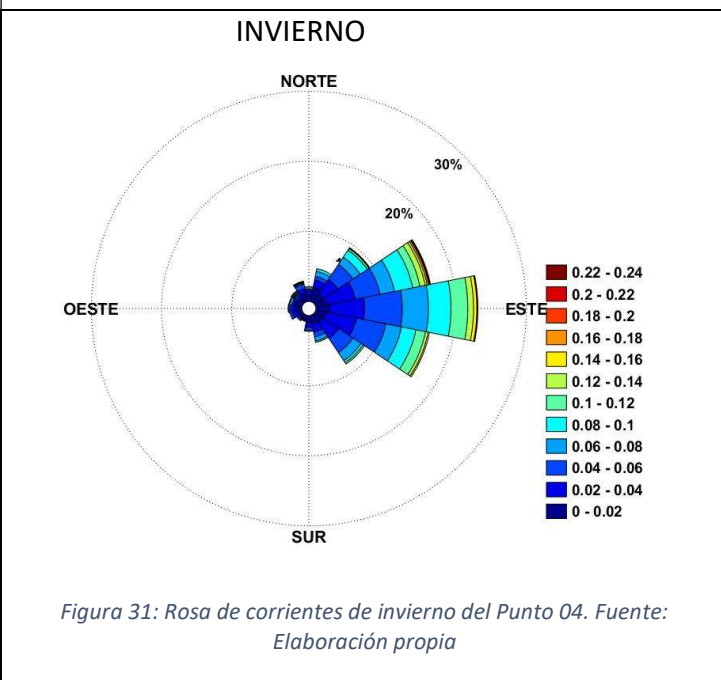
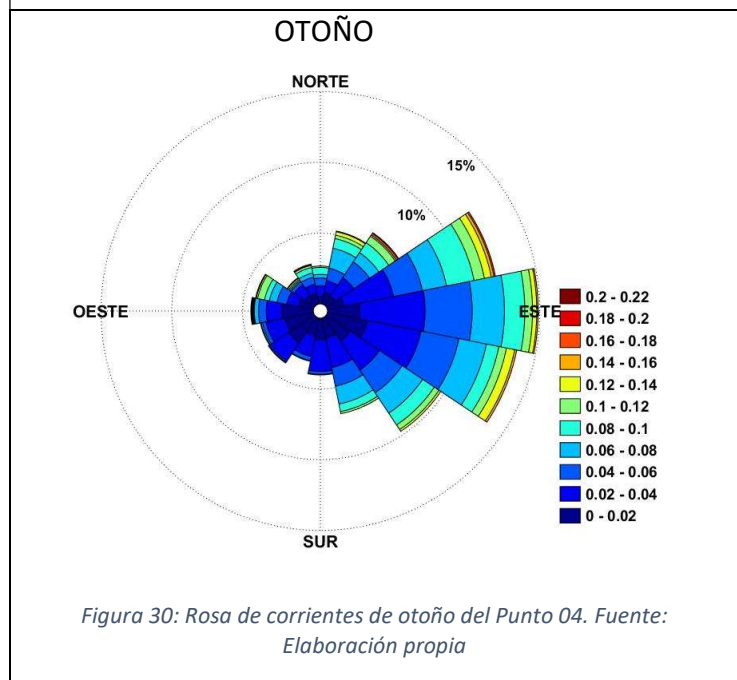
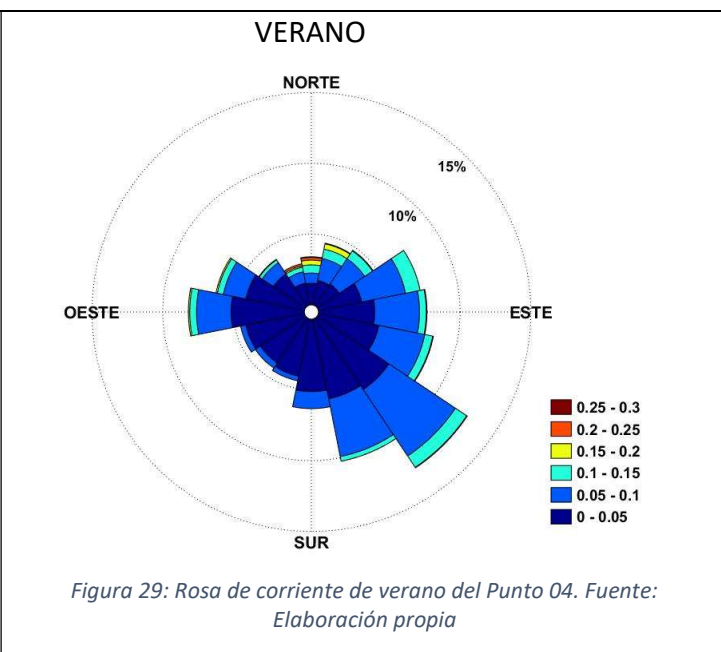
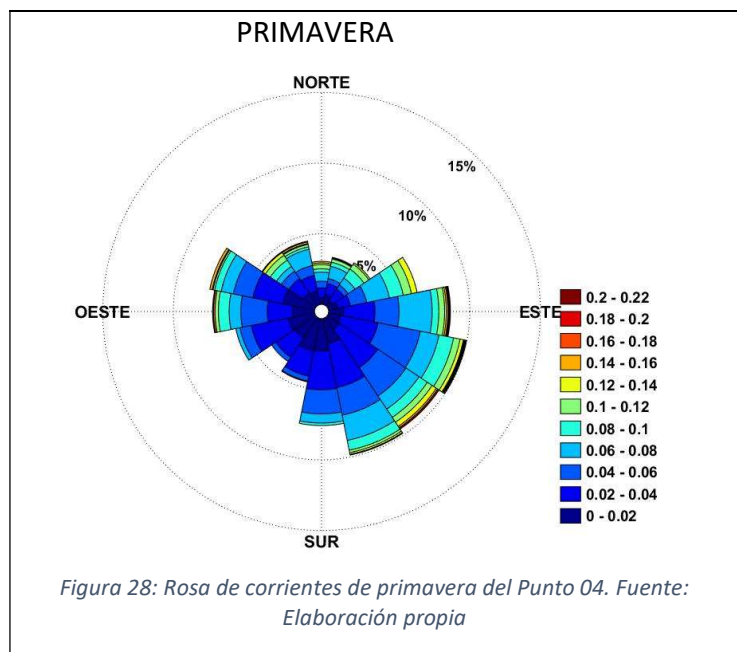


Tabla 5: Tabla de encuentros Punto 04

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 04 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|-------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 221 | 0.254 | 0.058 | 2.799 | 0.048 |
| NNE | 357 | 0.213 | 0.055 | 4.521 | 0.039 |
| NE | 482 | 0.208 | 0.056 | 6.104 | 0.034 |
| ENE | 854 | 0.238 | 0.062 | 10.816 | 0.038 |
| E | 1089 | 0.211 | 0.057 | 13.792 | 0.034 |
| ESE | 963 | 0.206 | 0.054 | 12.196 | 0.033 |
| SE | 802 | 0.216 | 0.050 | 10.157 | 0.031 |
| SSE | 603 | 0.155 | 0.044 | 7.637 | 0.027 |

| | | | | | |
|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| S | 389 | 0.092 | 0.030 | 4.927 | 0.017 |
| SSO | 253 | 0.084 | 0.024 | 3.204 | 0.015 |
| SO | 255 | 0.082 | 0.024 | 3.229 | 0.014 |
| OSO | 307 | 0.106 | 0.026 | 3.888 | 0.016 |
| O | 424 | 0.211 | 0.042 | 5.370 | 0.033 |
| ONO | 386 | 0.194 | 0.044 | 4.889 | 0.033 |
| NO | 251 | 0.155 | 0.046 | 3.179 | 0.037 |
| NNO | 260 | 0.234 | 0.051 | 3.293 | 0.045 |

Las direcciones predominantes anuales son ENE, E, ESE y SE representando un 45% del total. Por lo tanto, las corrientes van hacia el interior del puerto.

En primavera las direcciones principales son ESE, SE, SSE; en verano SE y SSE; en otoño e invierno ENE, E y ESE.

- Punto 05

Este punto y está situado más al interior del puerto, en el canal principal del mismo.

- ANUAL

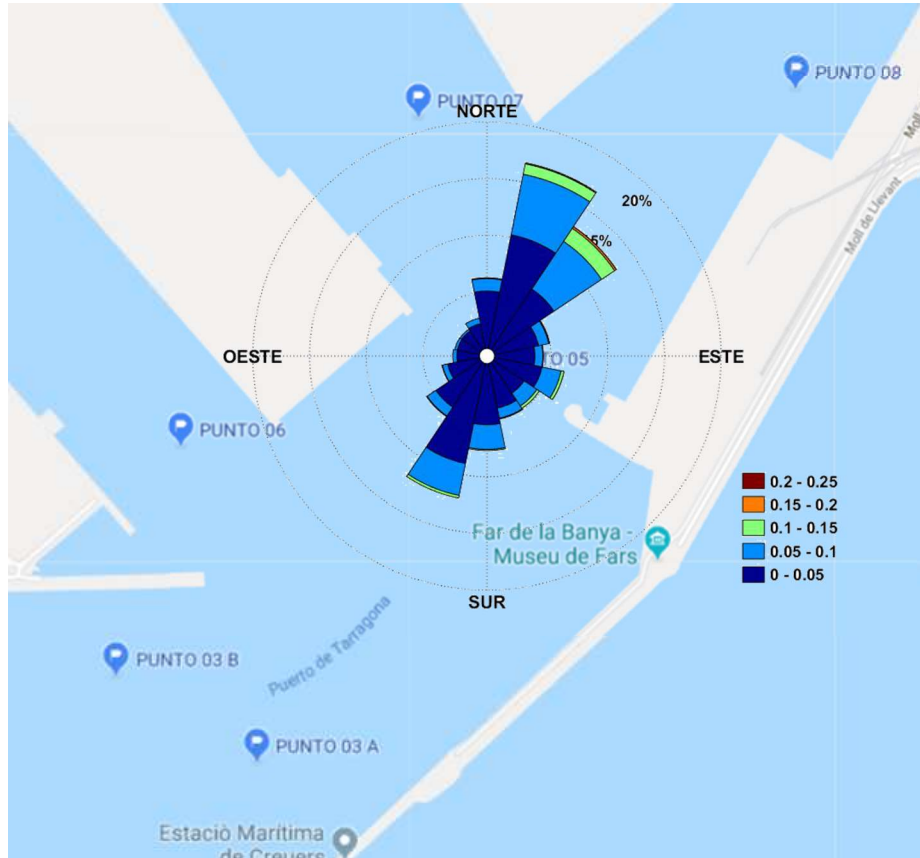


Figura 32: Localización del Punto 05 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

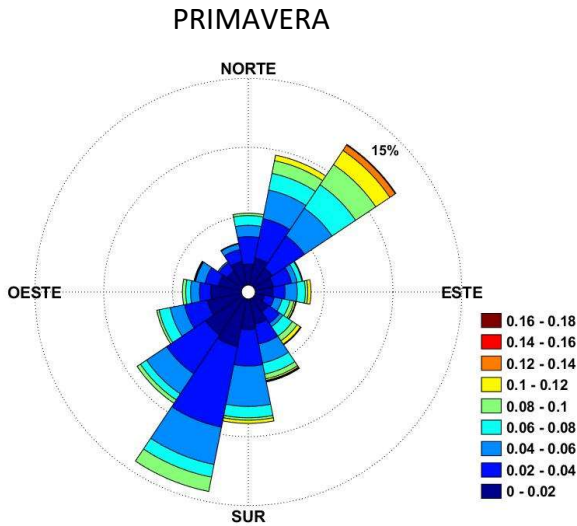


Figura 33: Rosa de corrientes de primavera del Punto 05. Fuente: Elaboración propia

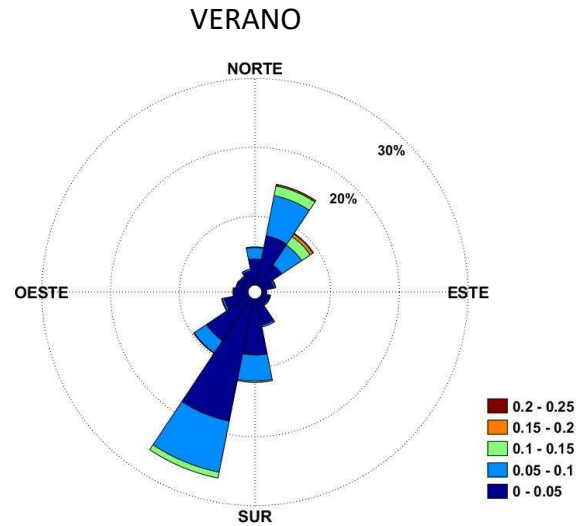


Figura 34: Rosa de corrientes de verano del Punto 05. Fuente: Elaboración propia

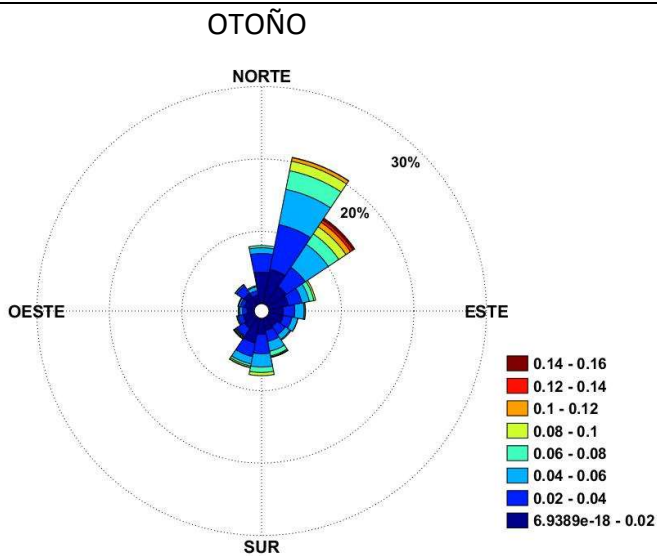


Figura 35: Rosa de corrientes de otoño del Punto 05. Fuente: Elaboración propia

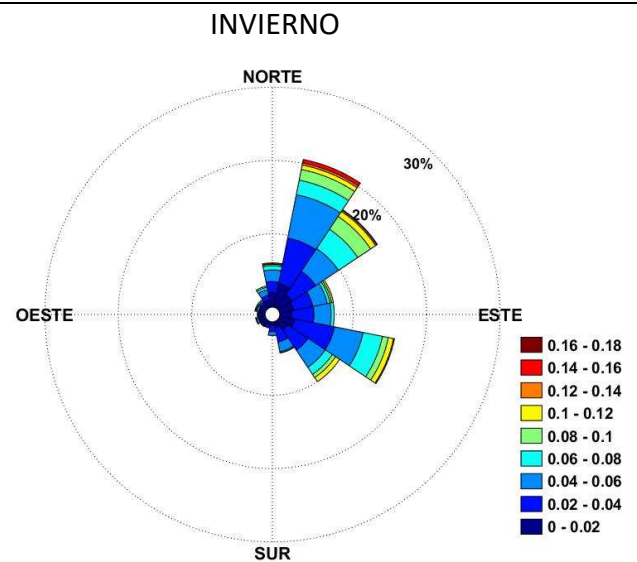


Figura 36: Rosa de corrientes de invierno del Punto 05. Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Tabla de encuentros Punto 05

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 05 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 493 | 0.135 | 0.032 | 6.244 | 0.037 |
| NNE | 1321 | 0.207 | 0.047 | 16.730 | 0.037 |
| NE | 1033 | 0.241 | 0.057 | 13.083 | 0.037 |
| ENE | 393 | 0.177 | 0.033 | 4.977 | 0.033 |
| E | 341 | 0.119 | 0.033 | 4.319 | 0.027 |
| ESE | 496 | 0.175 | 0.041 | 6.282 | 0.029 |
| SE | 386 | 0.148 | 0.041 | 4.889 | 0.027 |
| SSE | 395 | 0.152 | 0.034 | 5.003 | 0.024 |

| | | | | | |
|------------|------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| S | 606 | 0.127 | 0.039 | 7.675 | 0.025 |
| SSO | 957 | 0.137 | 0.038 | 12.120 | 0.025 |
| SO | 455 | 0.125 | 0.031 | 5.762 | 0.031 |
| OSO | 268 | 0.128 | 0.028 | 3.394 | 0.025 |
| O | 186 | 0.094 | 0.027 | 2.356 | 0.035 |
| ONO | 176 | 0.090 | 0.023 | 2.229 | 0.026 |
| NO | 173 | 0.079 | 0.022 | 2.191 | 0.024 |
| NNO | 217 | 0.094 | 0.029 | 2.748 | 0.031 |

Anualmente las direcciones predominantes son NNE, NE y SSO, lo cual tiene sentido físico ya que este punto está situado cerca de la apertura del muelle de Química (ver figura 3) y el agua fluye en esa dirección, siendo el porcentaje de entrada mayor que el de salida.

En primavera las direcciones principales son NE y SSO, en verano son NNE, S y SSE.

- Punto 06

El punto 06 se sitúa en la entrada a la primera dársena permitiendo así saber si existe una circulación de agua que entra y/o sale de ella.

- Anual

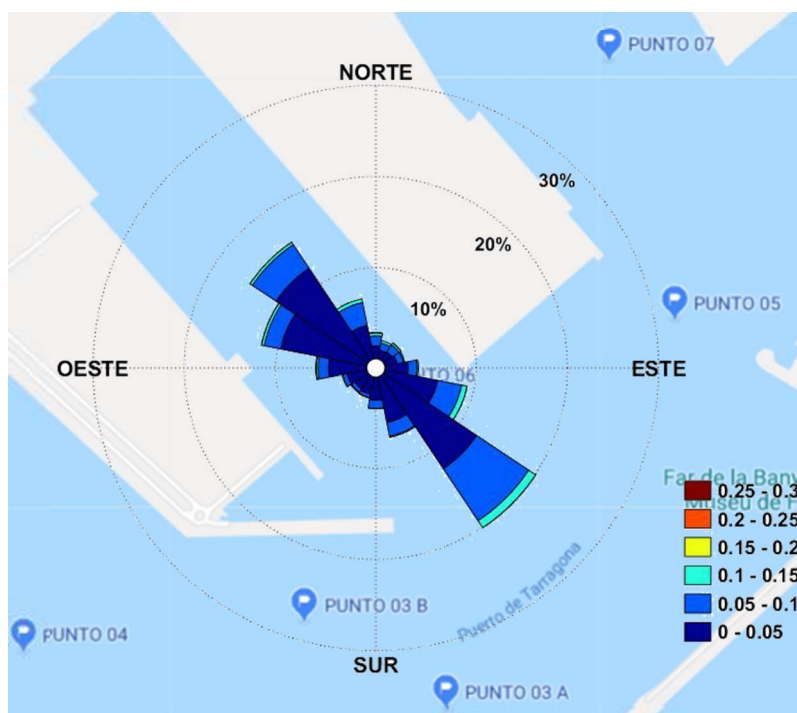


Figura 37: Localización del Punto 06 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

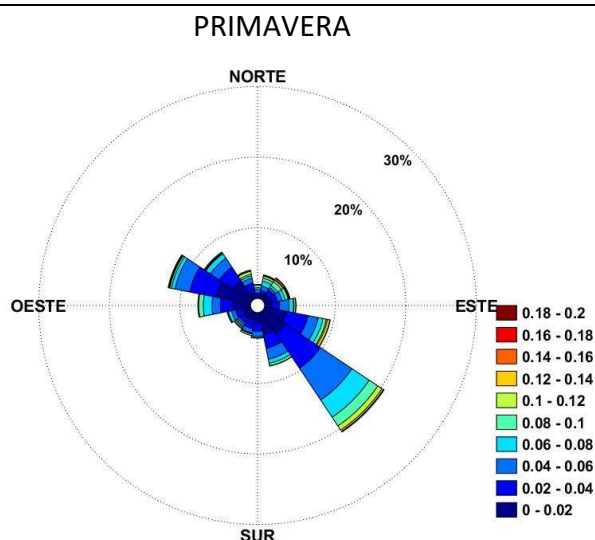


Figura 38: Rosa de corrientes de primavera del Punto 06. Fuente: Elaboración propia

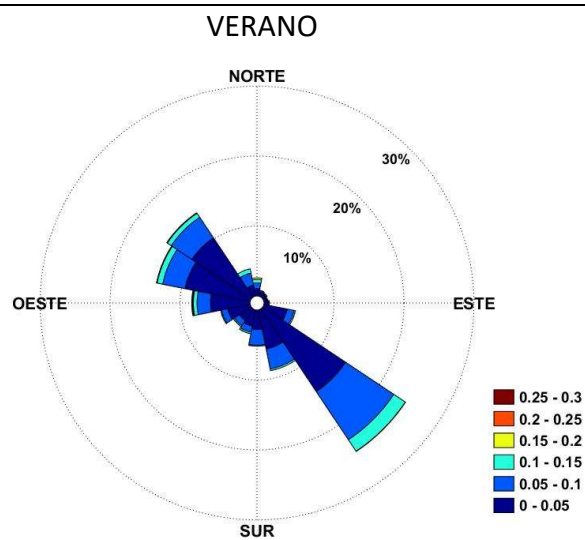


Figura 39: Rosa de corrientes de verano del Punto 06. Fuente: Elaboración propia

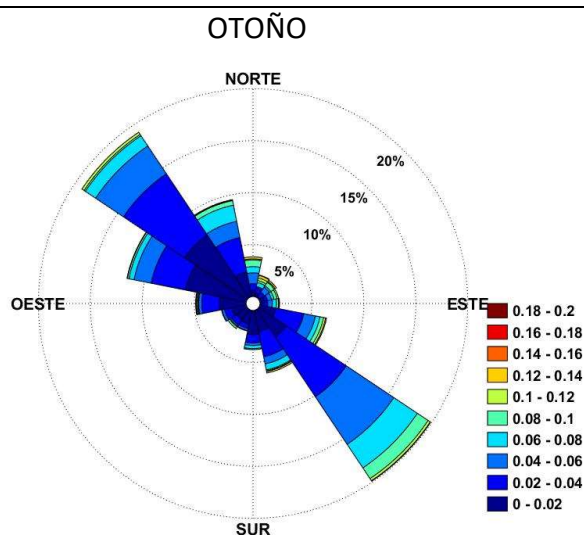


Figura 40: Rosa de corrientes de otoño del Punto 06. Fuente: Elaboración propia

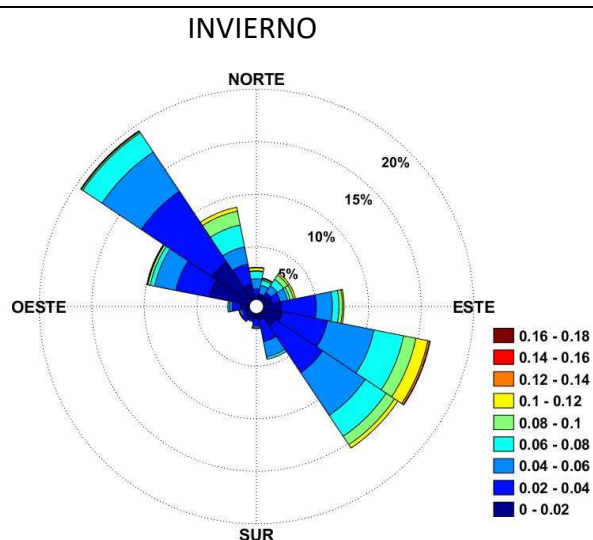


Figura 41: Rosa de corrientes de invierno del Punto 06. Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Tabla de encuentros Punto 06

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 06 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 229 | 0.181 | 0.059 | 2.900 | 0.037 |
| NNE | 163 | 0.164 | 0.056 | 2.064 | 0.037 |
| NE | 184 | 0.175 | 0.057 | 2.330 | 0.037 |
| ENE | 177 | 0.155 | 0.045 | 2.242 | 0.033 |
| E | 290 | 0.142 | 0.040 | 3.673 | 0.027 |
| ESE | 728 | 0.171 | 0.045 | 9.220 | 0.029 |
| SE | 1587 | 0.166 | 0.047 | 20.099 | 0.027 |
| SSE | 534 | 0.128 | 0.037 | 6.763 | 0.024 |

| | | | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| S | 276 | 0.137 | 0.034 | 3.495 | 0.025 |
| SSO | 188 | 0.117 | 0.033 | 2.381 | 0.025 |
| SO | 182 | 0.191 | 0.035 | 2.305 | 0.031 |
| OSO | 219 | 0.155 | 0.033 | 2.774 | 0.025 |
| O | 442 | 0.285 | 0.038 | 5.598 | 0.035 |
| ONO | 932 | 0.208 | 0.032 | 11.803 | 0.026 |
| NO | 1233 | 0.167 | 0.035 | 15.616 | 0.024 |
| NNO | 532 | 0.180 | 0.048 | 6.738 | 0.031 |

Las direcciones principales son SE, ONO y NO, lo cual tiene sentido físico ya que son direcciones que siguen la forma de los muelles de Cantabria y Andalucía (ver figura 3).

En primavera y verano predominan SE y ONO, en verano hay que añadir la dirección NO. En otoño las direcciones principales son SE, ONO y NO, mientras que en invierno SE se reduce, añadiendo como dirección principal ESE.

- Punto 07

Este punto, al igual que el punto 06 se ubica en la apertura de la siguiente dársena dónde está el muelle de la química.

- ANUAL

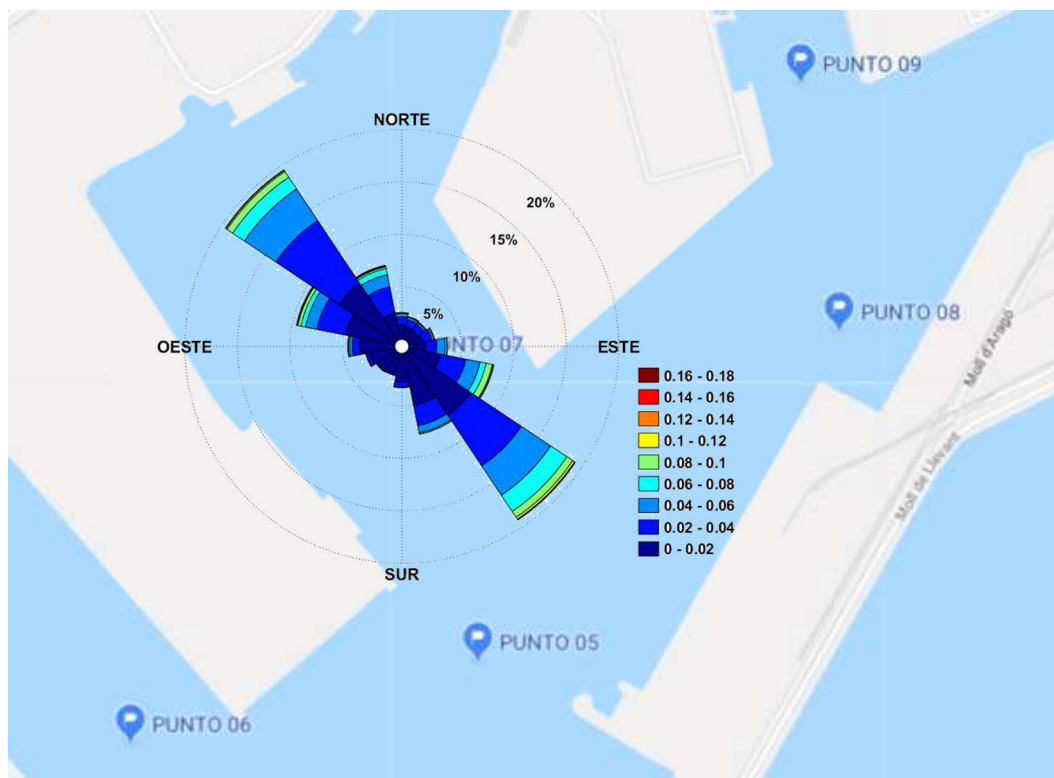


Figura 42: Localización del Punto 07 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

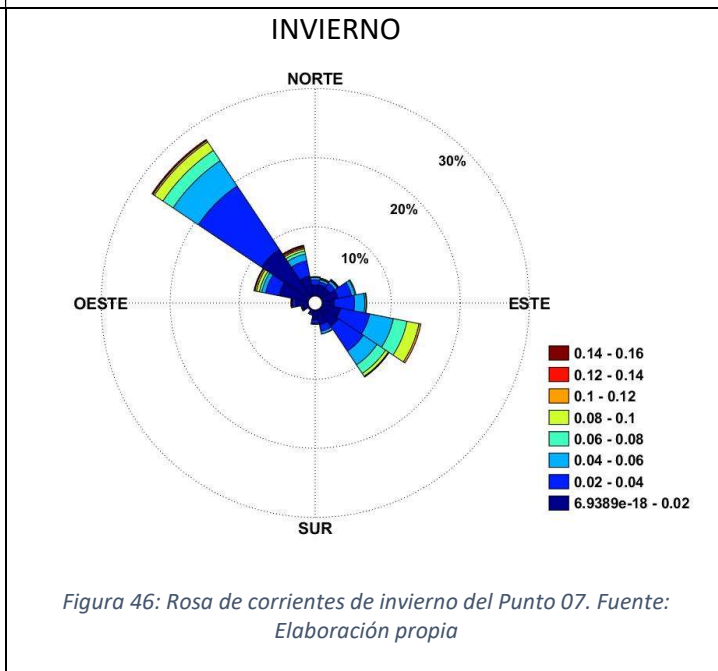
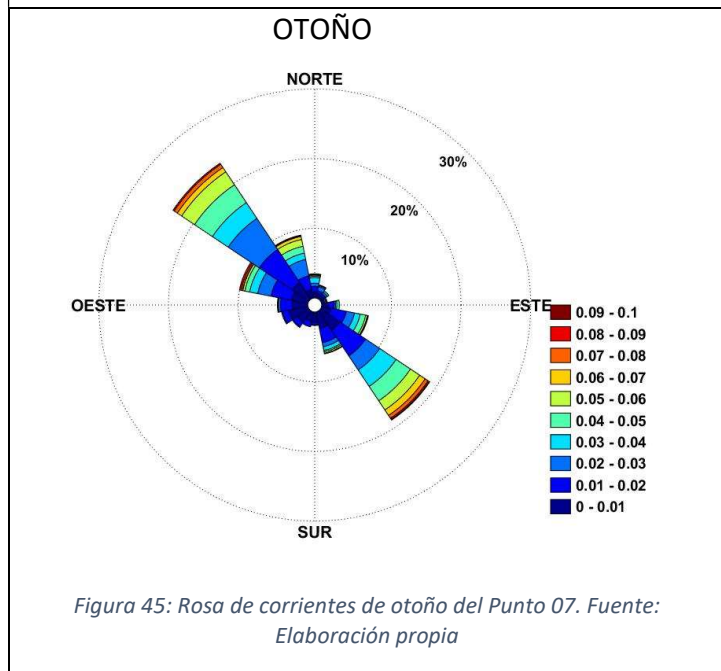
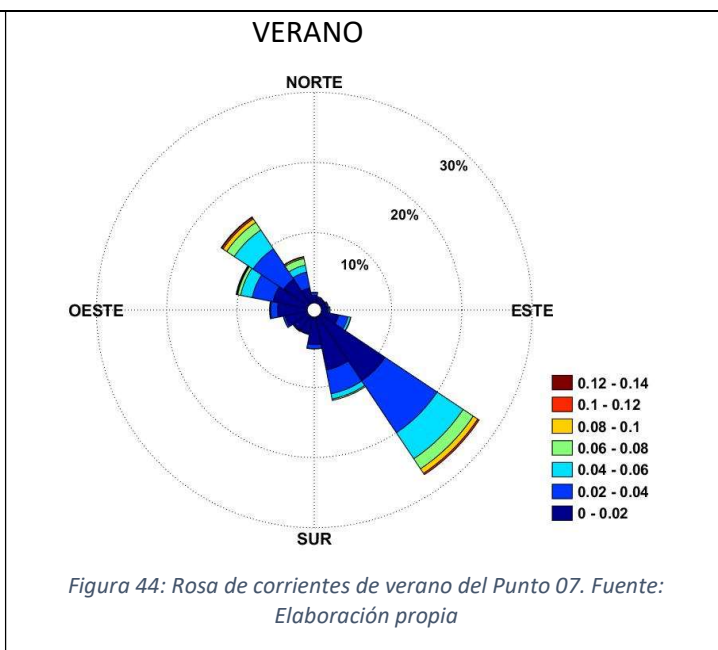
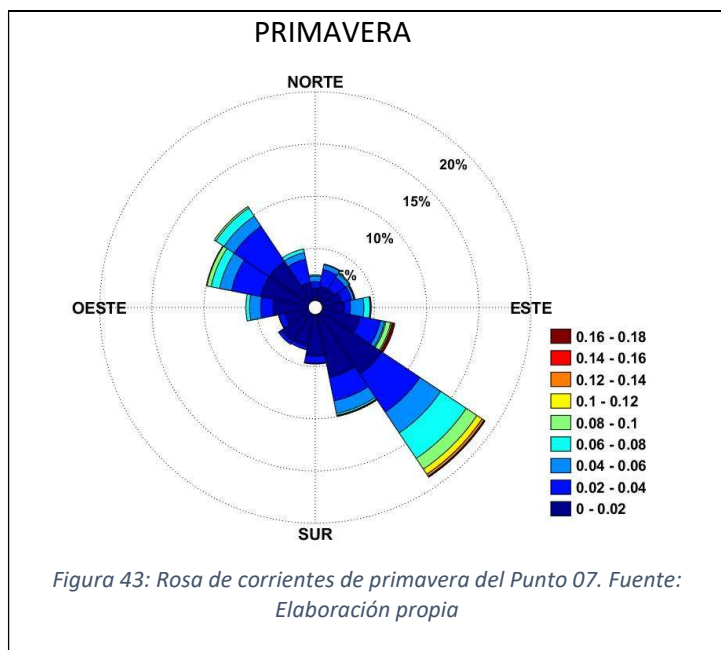


Tabla 8: Tabla de encuentros Punto 07

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 07 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 203 | 0.109 | 0.024 | 2.571 | 0.019 |
| NNE | 176 | 0.076 | 0.019 | 2.229 | 0.015 |
| NE | 169 | 0.111 | 0.022 | 2.140 | 0.019 |
| ENE | 199 | 0.087 | 0.022 | 2.520 | 0.015 |
| E | 292 | 0.125 | 0.028 | 3.698 | 0.020 |
| ESE | 654 | 0.176 | 0.035 | 8.283 | 0.028 |
| SE | 1518 | 0.175 | 0.033 | 19.225 | 0.024 |
| SSE | 622 | 0.107 | 0.020 | 7.877 | 0.015 |

| | | | | | |
|-----------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| S | 259 | 0.071 | 0.012 | 3.280 | 0.010 |
| SSO | 174 | 0.038 | 0.010 | 2.204 | 0.007 |
| SO | 180 | 0.033 | 0.009 | 2.280 | 0.006 |
| OSO | 224 | 0.103 | 0.010 | 2.837 | 0.010 |
| O | 355 | 0.116 | 0.017 | 4.496 | 0.018 |
| ONO | 756 | 0.143 | 0.027 | 9.574 | 0.023 |
| NO | 1545 | 0.153 | 0.033 | 19.567 | 0.022 |
| NNO | 570 | 0.150 | 0.033 | 7.219 | 0.025 |

Las direcciones predominantes anuales son SE y NO con un porcentaje del 40% aproximadamente. Ya que el punto se encuentra en la apertura del muelle de Química (ver Figura 3), las direcciones de corrientes obtenidas concuerdan con los resultados previstos.

En primavera y verano la predominancia es en dirección SE, aunque también hay un porcentaje relevante hacia NO.

En otoño e invierno la principal dirección es NO, aunque en otoño la dirección SE tiene un porcentaje elevado de un 18%.

- Punto 08

El punto 08 se localiza cercano al canal principal del puerto, entre el muelle de la Alcudía y el muelle de Navarra (ver figura 3).

- ANUAL

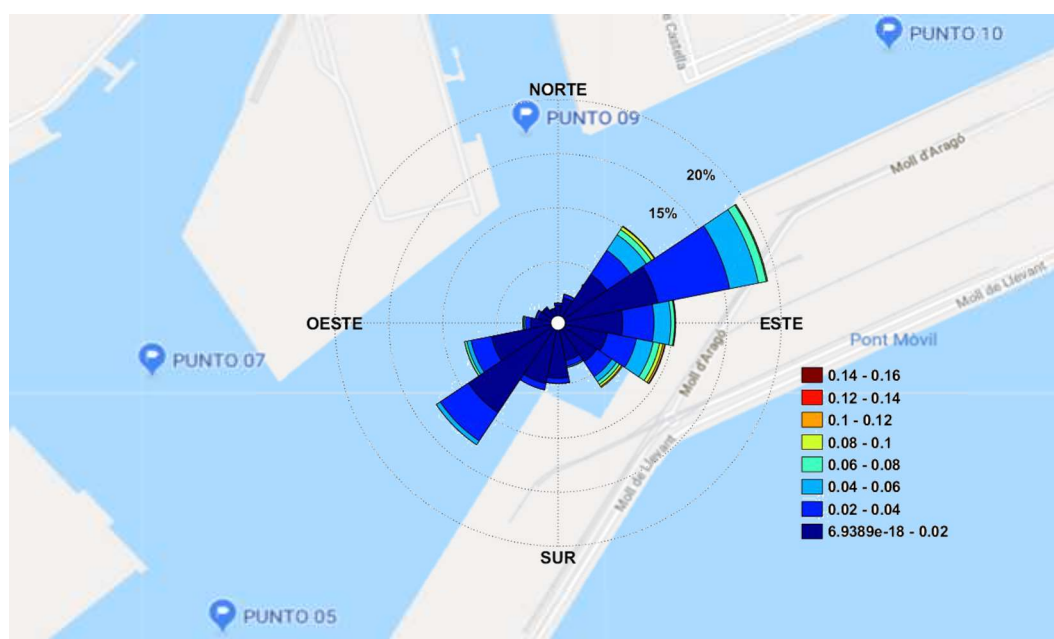


Figura 47: Localización del Punto 08 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

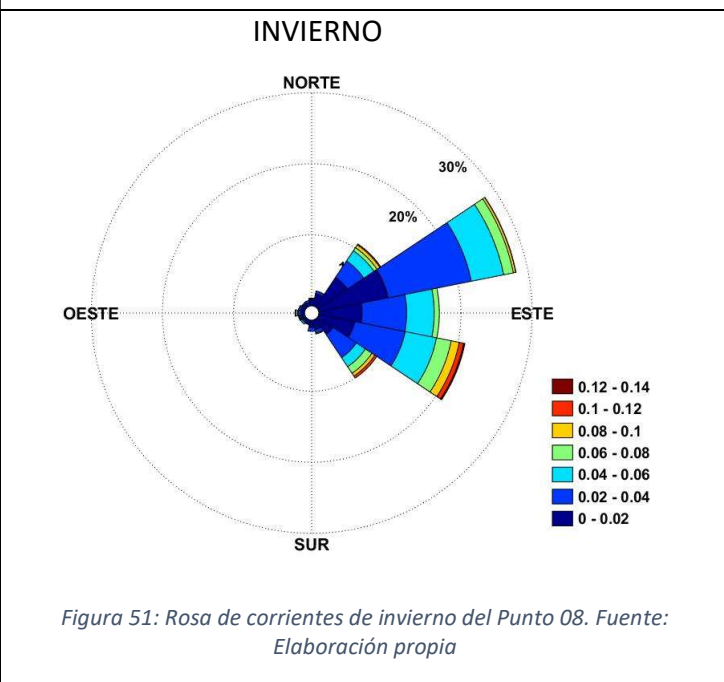
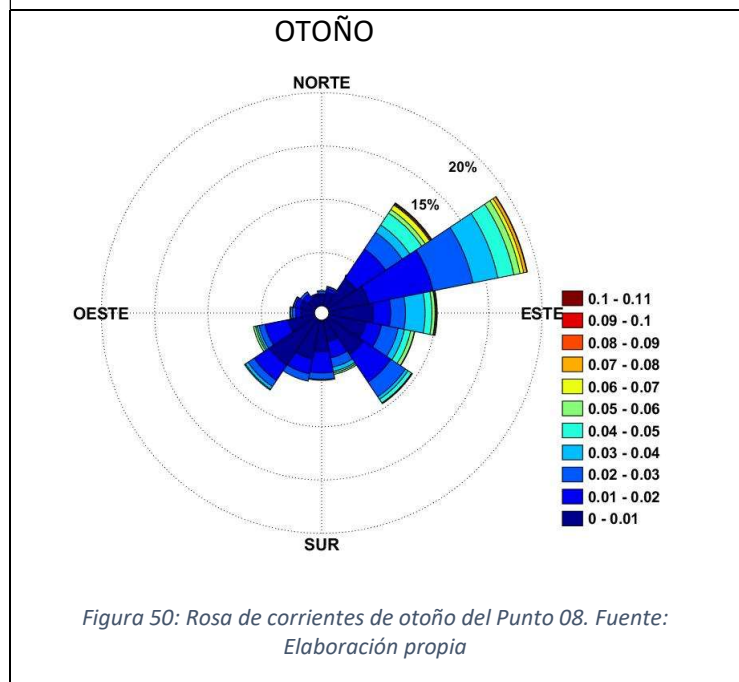
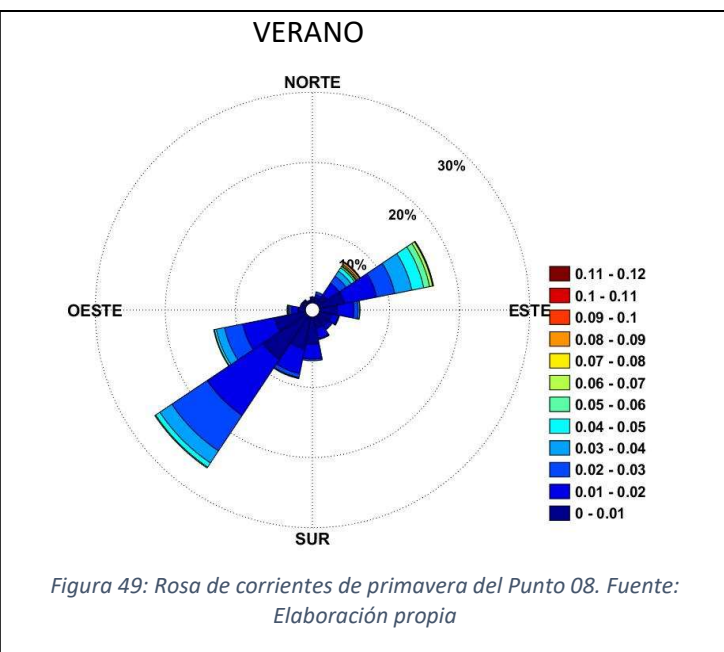
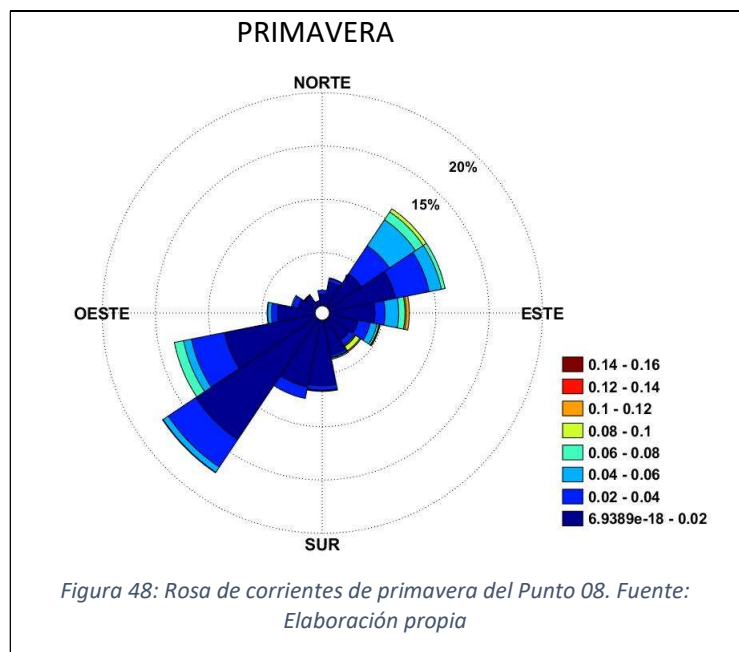


Tabla 9: Tabla de encuentros Punto 08

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 08 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 95 | 0.050 | 0.010 | 1.203 | 0.010 |
| NNE | 163 | 0.046 | 0.012 | 2.064 | 0.010 |
| NE | 800 | 0.114 | 0.028 | 10.132 | 0.022 |
| ENE | 1510 | 0.120 | 0.026 | 19.124 | 0.017 |
| E | 808 | 0.112 | 0.024 | 10.233 | 0.019 |
| ESE | 748 | 0.152 | 0.031 | 9.473 | 0.026 |
| SE | 515 | 0.108 | 0.025 | 6.522 | 0.024 |
| SSE | 280 | 0.064 | 0.013 | 3.546 | 0.011 |

| | | | | | |
|-----------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| S | 391 | 0.063 | 0.011 | 4.952 | 0.008 |
| SSO | 447 | 0.044 | 0.011 | 5.661 | 0.007 |
| SO | 1020 | 0.061 | 0.016 | 12.918 | 0.010 |
| OSO | 646 | 0.093 | 0.018 | 8.181 | 0.015 |
| O | 207 | 0.088 | 0.017 | 2.622 | 0.018 |
| ONO | 117 | 0.060 | 0.013 | 1.482 | 0.011 |
| NO | 90 | 0.074 | 0.010 | 1.140 | 0.009 |
| NNO | 59 | 0.034 | 0.009 | 0.747 | 0.009 |

Anualmente las direcciones principales son NE, ENE, E y SO, direcciones que siguen aproximadamente el canal principal del puerto. Hacia el interior del puerto hay un 40% de corrientes.

En primavera las direcciones principales son NE, ENE, SO y OSO; en verano ENE, SO y OSO; en otoño NE, ENE Y E; en invierno ENE y ESE.

- Punto 09

Este punto está localizado en la apertura de la dársena donde se encuentra el muelle de Castilla (ver figura 3).

- ANUAL

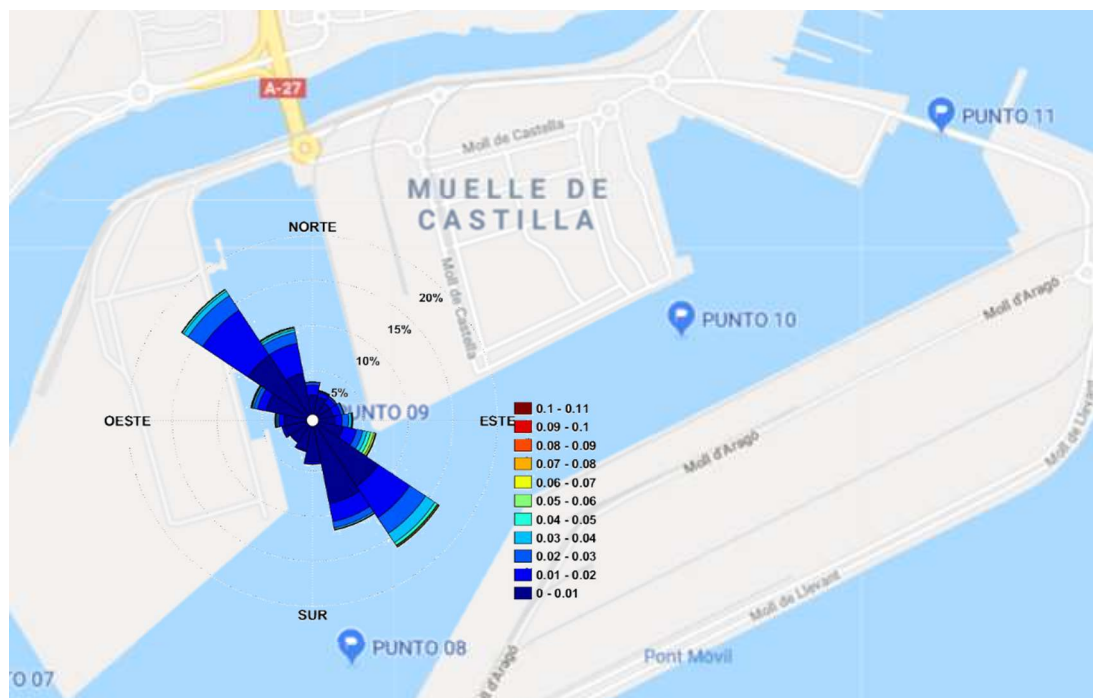


Figura 52: Localización del Punto 09 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

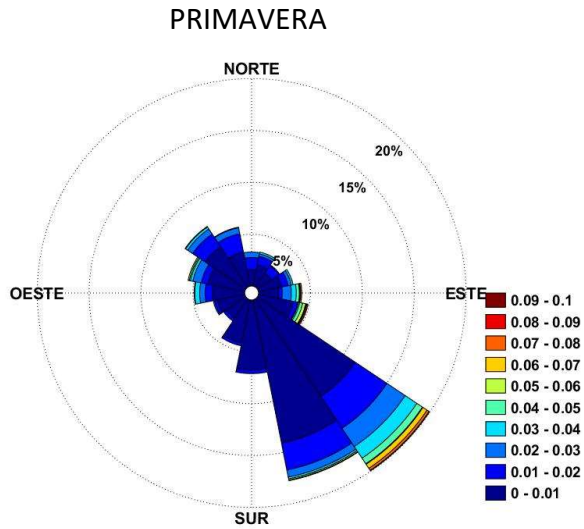


Figura 53: Rosa de corrientes de primavera del Punto 09

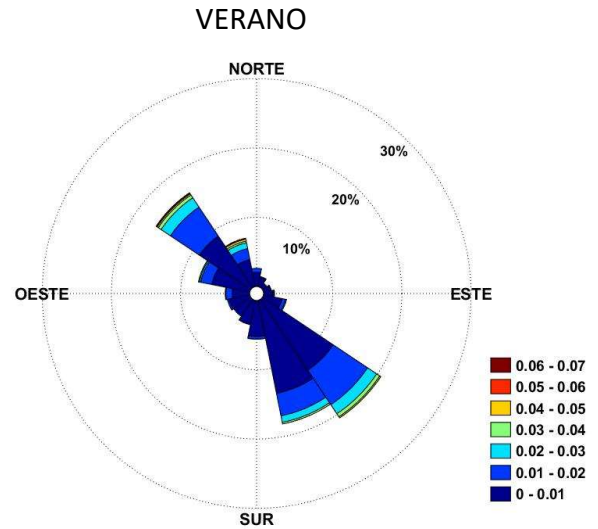


Figura 54: Rosa de corrientes de verano del Punto 09

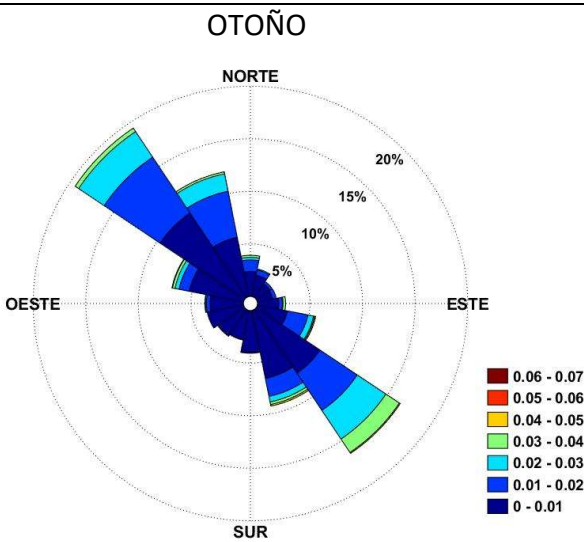


Figura 55: Rosa de corrientes de otoño del Punto 09

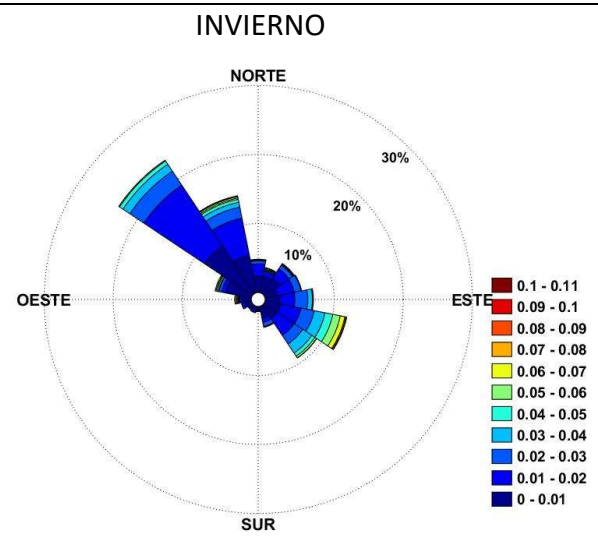


Figura 56: Rosa de corrientes de invierno del Punto 09

Tabla 10: Tabla de encuentros Punto 09

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 09 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 291 | 0.060 | 0.010 | 3.685 | 0.009 |
| NNE | 220 | 0.067 | 0.010 | 2.786 | 0.011 |
| NE | 207 | 0.071 | 0.010 | 2.622 | 0.010 |
| ENE | 232 | 0.057 | 0.010 | 2.938 | 0.009 |
| E | 304 | 0.076 | 0.015 | 3.850 | 0.013 |
| ESE | 520 | 0.085 | 0.019 | 6.586 | 0.019 |
| SE | 1294 | 0.096 | 0.014 | 16.388 | 0.012 |
| SSE | 935 | 0.062 | 0.008 | 11.841 | 0.008 |
| S | 336 | 0.036 | 0.005 | 4.255 | 0.004 |
| SSO | 230 | 0.017 | 0.004 | 2.913 | 0.003 |

| | | | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| SO | 185 | 0.019 | 0.004 | 2.343 | 0.003 |
| OSO | 224 | 0.070 | 0.005 | 2.837 | 0.006 |
| O | 281 | 0.086 | 0.010 | 3.559 | 0.014 |
| ONO | 505 | 0.066 | 0.010 | 6.396 | 0.010 |
| NO | 1341 | 0.081 | 0.013 | 16.983 | 0.009 |
| NNO | 791 | 0.105 | 0.013 | 10.018 | 0.012 |

Las direcciones principales anuales son SE, SSE, NO y NNO, son direcciones con sentido físico ya que este punto se encuentra en el inicio del muelle de Castilla Oeste.

En primavera las direcciones predominantes son SE, SSE; en verano, SE, SSE y NO; en otoño SE, NO y NNO y en invierno ESE, NO y NNO.

En primavera y verano el mayor porcentaje de corrientes son hacia el canal principal del puerto mientras que en otoño e invierno, hacia el muelle de Castilla Oeste.

- Punto 10

Este punto se sitúa hacia el final del puerto sobre el canal principal del mismo, entre el muelle de Castilla y el muelle de Aragón (ver figura 3).

- ANUAL

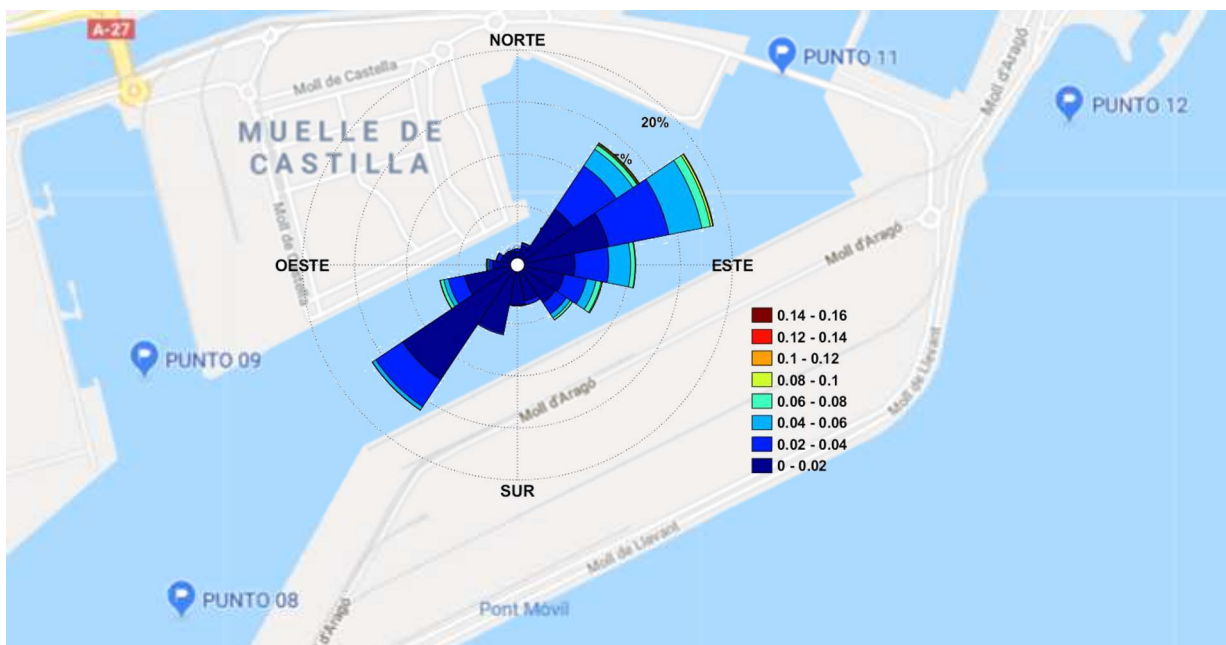


Figura 57: Localización del Punto 10 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

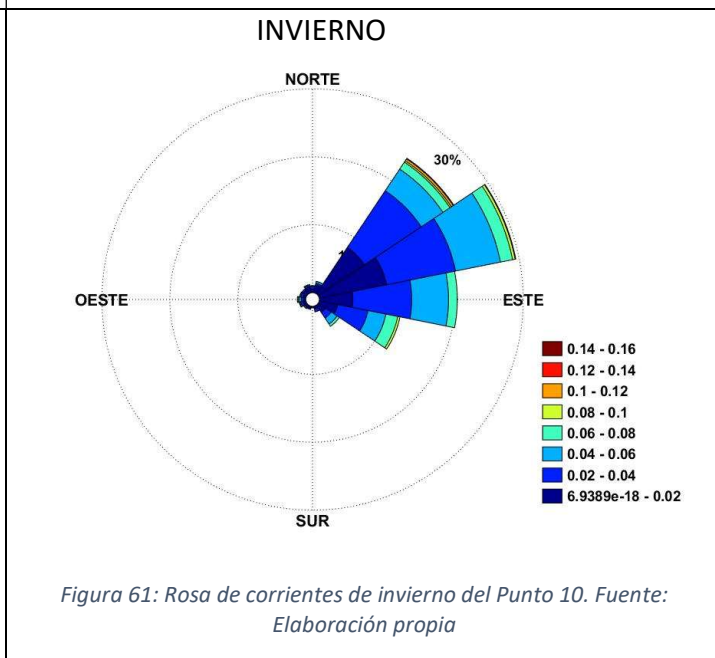
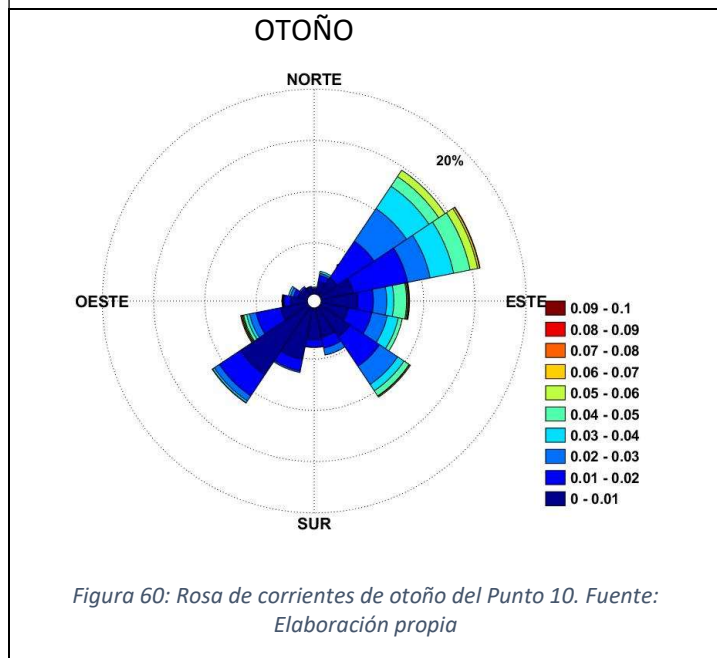
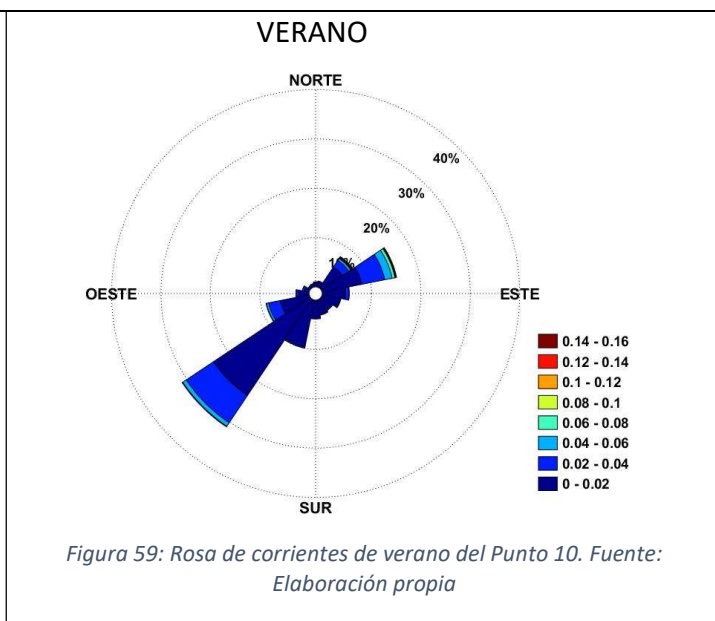
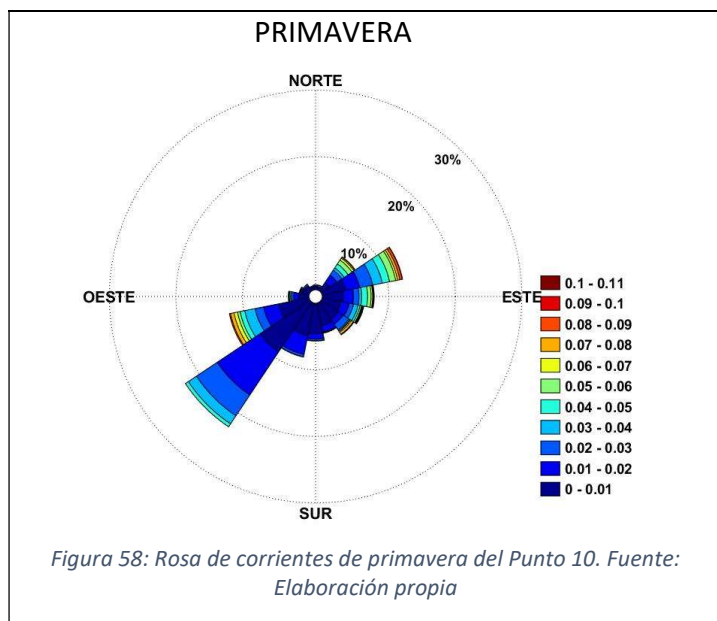


Tabla 11: Tabla de encuentros Punto 10

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 10 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 71 | 0.053 | 0.013 | 0.899 | 0.012 |
| NNE | 121 | 0.056 | 0.014 | 1.532 | 0.013 |
| NE | 1062 | 0.146 | 0.027 | 13.450 | 0.020 |
| ENE | 1466 | 0.125 | 0.027 | 18.566 | 0.019 |
| E | 846 | 0.104 | 0.026 | 10.714 | 0.019 |
| ESE | 606 | 0.103 | 0.025 | 7.675 | 0.021 |
| SE | 452 | 0.082 | 0.019 | 5.724 | 0.017 |
| SSE | 258 | 0.048 | 0.009 | 3.267 | 0.008 |
| S | 260 | 0.053 | 0.007 | 3.293 | 0.005 |

| | | | | | |
|-----------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| SSO | 489 | 0.030 | 0.008 | 6.193 | 0.005 |
| SO | 1276 | 0.061 | 0.014 | 16.160 | 0.010 |
| OSO | 549 | 0.092 | 0.020 | 6.953 | 0.018 |
| O | 185 | 0.091 | 0.018 | 2.343 | 0.020 |
| ONO | 114 | 0.068 | 0.016 | 1.444 | 0.013 |
| NO | 73 | 0.038 | 0.011 | 0.925 | 0.009 |
| NNO | 68 | 0.049 | 0.012 | 0.861 | 0.012 |

Las direcciones principales son NE, ENE, E y SO, direcciones que siguen aproximadamente el canal principal del puerto. Aproximadamente el 42% hacia el interior del puerto.

En primavera y verano la mayoría de las corrientes van hacia el exterior en las direcciones SO; OSO en primavera y SO en verano. En otoño e invierno al revés, en las direcciones NE, ENE mayoritariamente.

- Punto 11

El punto 11 se sitúa al final del canal principal del puerto, en la apertura dónde se encuentran los barcos pesqueros y de la marina de Tarragona (ver figura 3).

- ANUAL

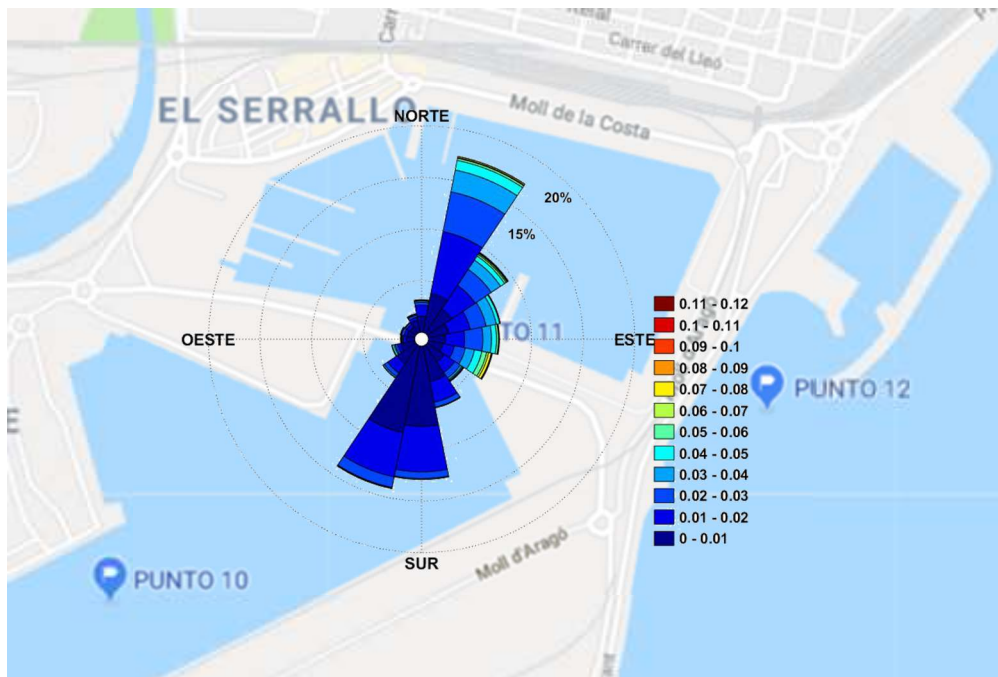


Figura 62: Localización del Punto 11 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

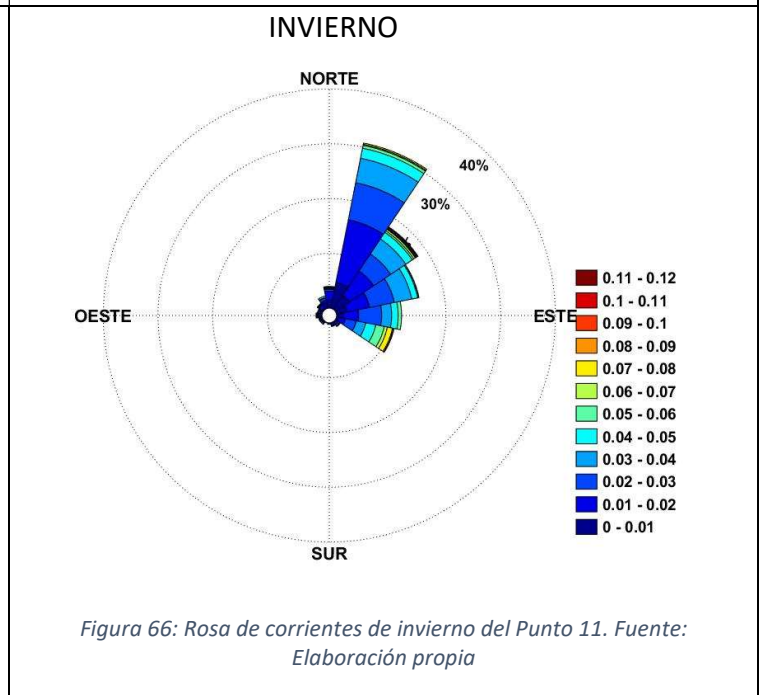
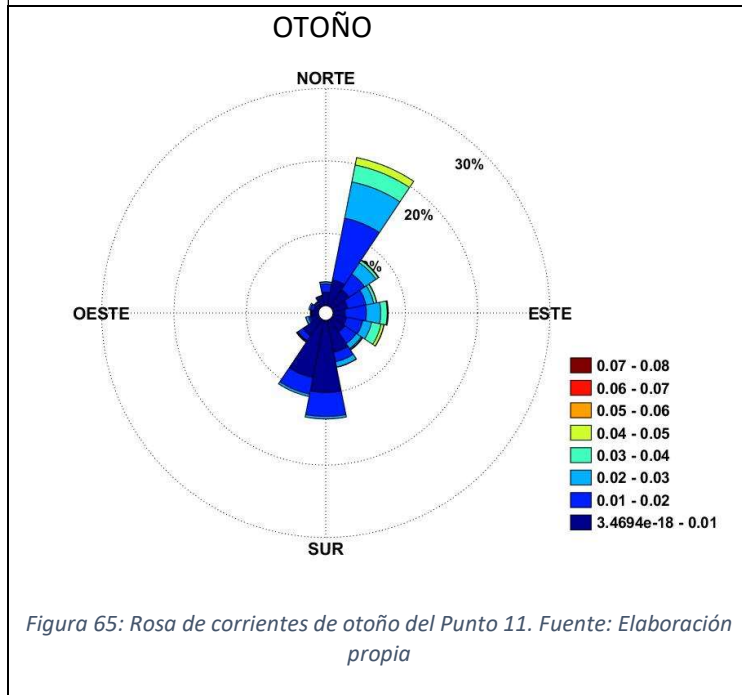
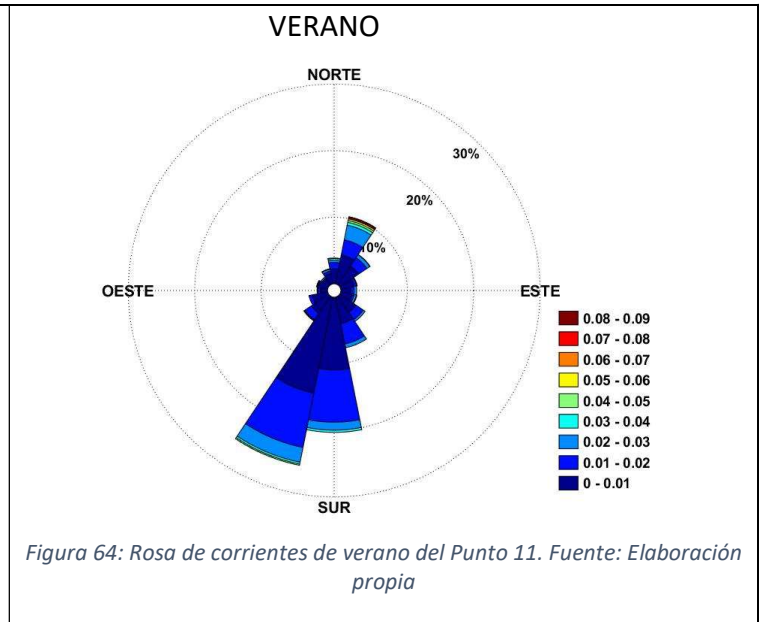
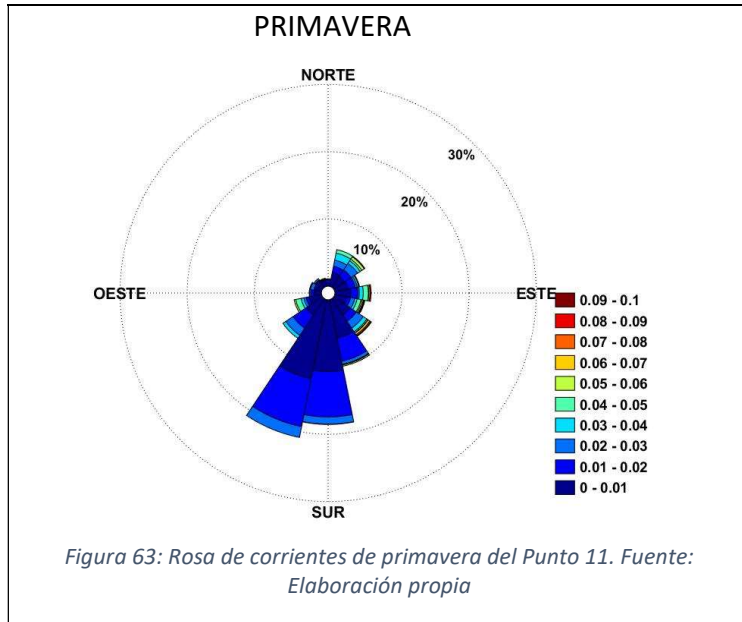


Tabla 12: Tabla de encuentros Punto 11

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 11 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 250 | 0.073 | 0.014 | 3.166 | 0.012 |
| NNE | 1373 | 0.085 | 0.020 | 17.389 | 0.013 |
| NE | 747 | 0.116 | 0.020 | 9.460 | 0.016 |
| ENE | 563 | 0.068 | 0.019 | 7.130 | 0.013 |
| E | 544 | 0.090 | 0.022 | 6.890 | 0.015 |
| ESE | 500 | 0.096 | 0.029 | 6.332 | 0.021 |
| SE | 338 | 0.082 | 0.015 | 4.281 | 0.014 |
| SSE | 483 | 0.055 | 0.010 | 6.117 | 0.007 |

| | | | | | |
|------------|-------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| S | 1021 | 0.056 | 0.010 | 12.931 | 0.006 |
| SSO | 1113 | 0.042 | 0.010 | 14.096 | 0.006 |
| SO | 306 | 0.046 | 0.011 | 3.875 | 0.009 |
| OSO | 182 | 0.057 | 0.014 | 2.305 | 0.015 |
| O | 110 | 0.071 | 0.013 | 1.393 | 0.015 |
| ONO | 114 | 0.054 | 0.013 | 1.444 | 0.012 |
| NO | 104 | 0.043 | 0.012 | 1.317 | 0.010 |
| NNO | 148 | 0.044 | 0.012 | 1.874 | 0.010 |

Las direcciones anuales predominantes son NNE, S y SSO, son direcciones que siguen la forma del puerto ya que este punto se encuentra en la entrada de la última zona del mismo. Además, el porcentaje de corrientes es superior en dirección al exterior, siendo del 27%.

En primavera y verano las direcciones principales son S y SSO. En otoño e invierno NNE. En otoño hay que añadir como dirección principal S.

- Punto 12

El punto 12 se ubica cercano a la bocana del puerto deportivo (ver figura 3).

- ANUAL

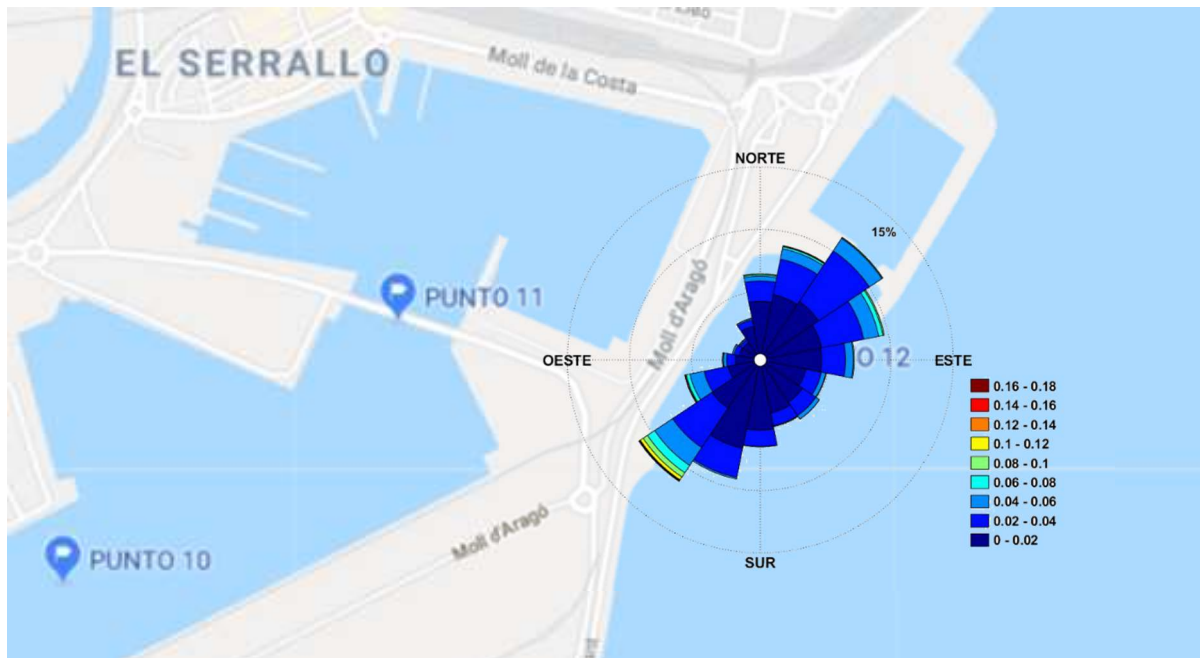


Figura 67: Localización del Punto 12 y su rosa de corrientes anual correspondiente. Fuente: Elaboración propia

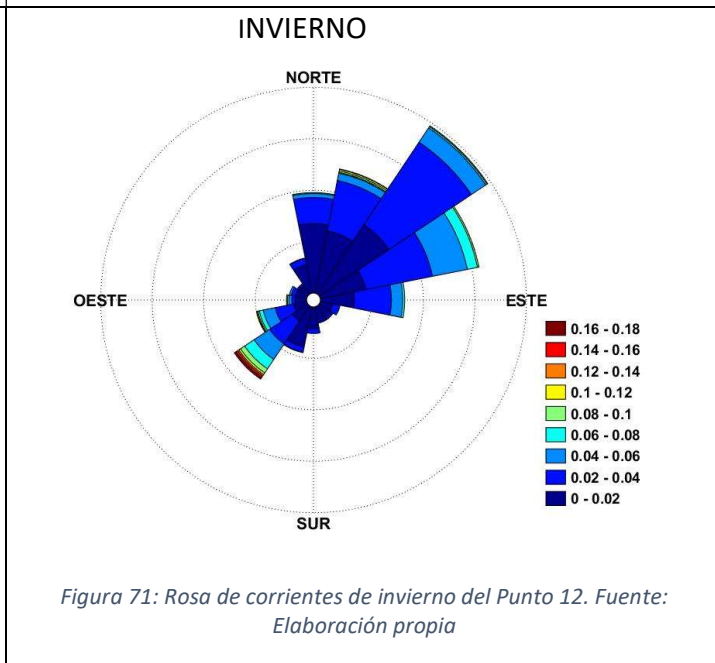
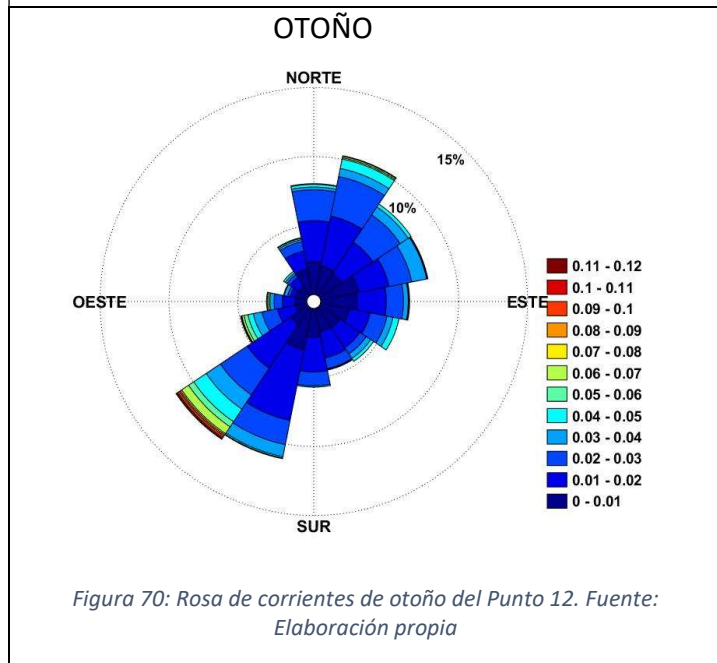
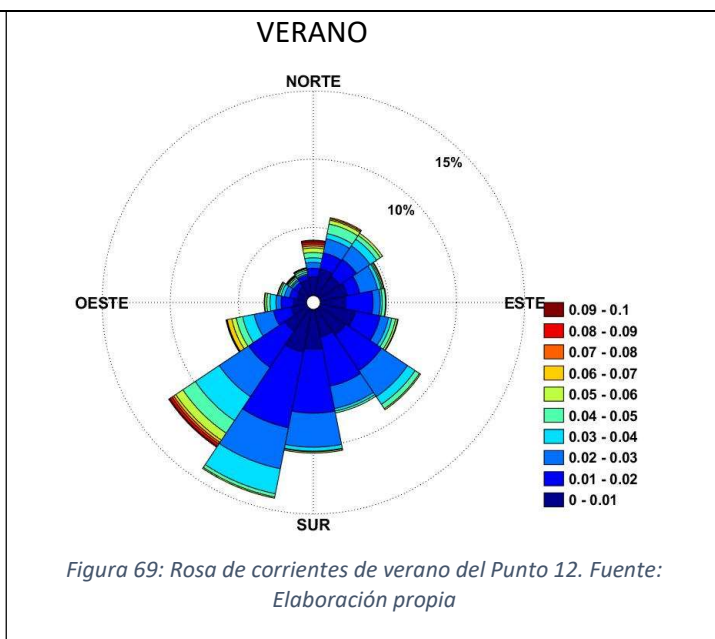
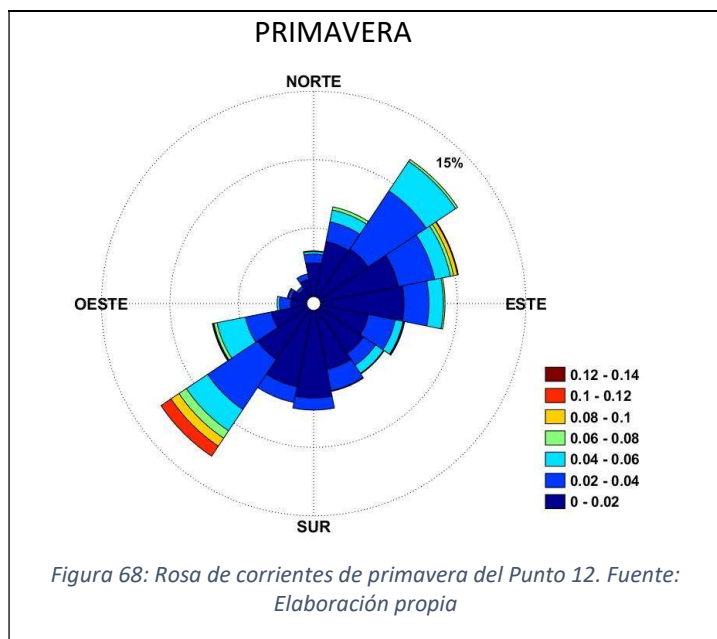


Tabla 13: Tabla de encuentros Punto 12

| SERIE TEMPORAL ANUAL PUNTO 12 | | | | | |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|---------------|--------------|
| Dirección | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % | STD |
| N | 508 | 0.099 | 0.019 | 6.434 | 0.015 |
| NNE | 700 | 0.121 | 0.021 | 8.865 | 0.016 |
| NE | 896 | 0.096 | 0.023 | 11.348 | 0.014 |
| ENE | 763 | 0.101 | 0.025 | 9.663 | 0.018 |
| E | 557 | 0.075 | 0.019 | 7.054 | 0.015 |
| ESE | 387 | 0.083 | 0.017 | 4.901 | 0.013 |
| SE | 413 | 0.061 | 0.017 | 5.230 | 0.012 |
| SSE | 391 | 0.048 | 0.014 | 4.952 | 0.009 |
| S | 513 | 0.060 | 0.014 | 6.497 | 0.008 |

| | | | | | |
|-----------|------------|--------------|--------------|---------------|--------------|
| SSO | 731 | 0.054 | 0.016 | 9.258 | 0.009 |
| SO | 887 | 0.177 | 0.034 | 11.234 | 0.027 |
| OSO | 449 | 0.133 | 0.030 | 5.686 | 0.021 |
| O | 202 | 0.096 | 0.022 | 2.558 | 0.017 |
| ONO | 142 | 0.076 | 0.017 | 1.798 | 0.014 |
| NO | 126 | 0.086 | 0.016 | 1.596 | 0.016 |
| NNO | 231 | 0.093 | 0.015 | 2.926 | 0.013 |

Las direcciones predominantes anuales son NE y SO, direcciones paralelas a la costa y que siguen el canal de entrada del puerto deportivo.

En primavera las direcciones principales son NE y SO, en verano, S, SSO y SO, en otoño, NNE, SSO y SO, y finalmente en invierno, NNE, NE, ENE.

6. Discusiones

6.1. Zonificación del puerto en función de las direcciones e intensidades de las corrientes predominantes

Una vez comentadas las particularidades de cada punto se puede realizar una agrupación de los puntos analizados observando en primer lugar la forma de las rosas de corrientes anual. Se clasifican los puntos en cuatro grupos:

- Grupo 1: Puntos 01, 02 y 12
- Grupo 2: Punto 04
- Grupo 3: Puntos 03 A, 03 B, 05, 08, 10 y 11
- Grupo 4: Puntos 06, 07 y 09

El **grupo 1** contiene los puntos ubicados en aguas exteriores. Los resultados obtenidos muestran que las corrientes en estos puntos son paralelas a la costa de la zona de estudio. Es decir, las corrientes en el punto 01 (monoboya de Tarragona) y 12 siguen unas direcciones paralelas a la forma física externa del puerto, mientras que en el punto 02 las corrientes son paralelas a la playa de la Pineda. En el caso del punto 12 las corrientes son también paralelas a la dirección de entrada al puerto deportivo.

En el **segundo grupo**, únicamente se ha considerado el punto 04 ya que dicho punto no se encuentra en aguas abiertas ni en aguas interiores al puerto. Como se ha comentado anteriormente este punto se sitúa cercano al pantalán de Repsol. Las corrientes resultantes tienen direcciones principalmente hacia el canal principal del puerto, es decir, hacia el este.

El **grupo 3** lo forman puntos localizados en aguas interiores al puerto, todos ellos están sobre el canal principal del mismo. El interés en estos puntos radica en saber si existe un flujo entrante o saliente de agua del puerto. Por lo tanto, observando las rosas y tablas de encuentro, se puede ver que las corrientes de este conjunto de puntos siguen las direcciones al canal principal del puerto. Para saber exactamente si el flujo es entrante o saliente, se debe considerar mensualmente el porcentaje de corrientes existentes hacia el interior y exterior del puerto (ver anexo 3).

Hay que destacar el estudio realizado en los puntos 03 A y 03 B. Estos puntos fueron seleccionados pensando en la posibilidad de que el flujo de agua fuese entrante en uno de ellos y de salida en el otro. Sin embargo, se han comparado mes a mes las direcciones predominantes (ver anexo 3) y se ha observado que las direcciones principales y sus porcentajes son muy similares. Por lo tanto, tienen un comportamiento muy parecido, lo cual indica que el agua entra en el puerto por la superficie.

La forma en la que podría salir el agua se denomina circulación estuárica negativa. Este tipo de circulación es típica de las lagunas costeras y puertos del Mediterráneo, donde en las capas superficiales como las estudiadas el flujo de agua es entrante y en las capas

inferiores el flujo del agua es hacia el exterior. Esto se debe a una diferencia de densidad entre capas: el agua del interior del puerto tiene mayor densidad y al no haber un gran aporte de agua dulce en superficie, como pueden ser ríos, haría que las capas superficiales se mezclen y sean menos densas, de manera que circularan por las capas superiores.

El **último grupo** abarca los puntos situados en las aperturas de las dársenas. En estas localizaciones las direcciones principales de las corrientes siguen las formas físicas del puerto, lo cual es un resultado coherente, el agua entra por la superficie (o sale dependiendo del mes) de esas dársenas.

6.2. Ayuda para el practica

Un aspecto importante en este estudio es hacer hincapié en cómo afectan las intensidades y direcciones de corrientes para la maniobrabilidad de los buques.

Si se compara una misma intensidad de vientos y corrientes, la fuerza resultante ejercida por las corrientes es muy superior a la ejercida por vientos ya que la densidad del agua es muy superior a la densidad del aire.

Según la ROM 3.1-99 se deben seguir los siguientes criterios para minimizar las pérdidas de tiempo y reducir los momentos críticos:

- Maniobra de amarre:
 - Intensidad de corriente longitudinal al muelle: $v \leq 1$ m/s
 - Intensidad de corriente transversal al muelle: $v \leq 0.1$ m/s
- Maniobras de carga y descarga:
 - Intensidad de corriente longitudinal al muelle: $v \leq 1.5$ m/s
 - Intensidad de corriente transversal al muelle: $v \leq 0.5$ m/s

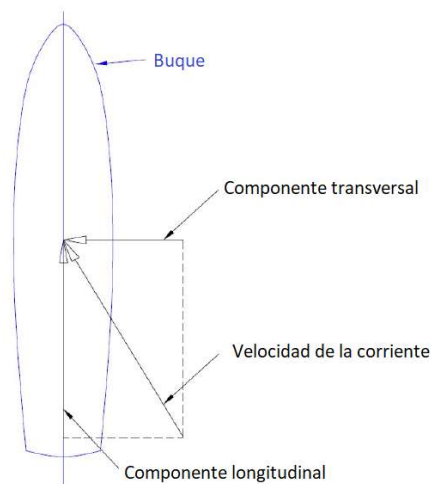


Figura 72: Descomposición de las direcciones de las corrientes sobre un buque. Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, estos valores se prevén utilizar para clasificar las intensidades y direcciones de corrientes superficiales obtenidas en los resultados de clima medio en cada punto analizado y sus posibles consecuencias en las actividades portuarias.

En concreto, para cada punto analizado sus intensidades de corriente superficiales son:

- Punto 01

Tabla 14: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 01

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 4016 | 50.86 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 02

Tabla 15: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 02

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7373 | 93.38 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 03 A

Tabla 16: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 03 A

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7536 | 95.44 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 03 B

Tabla 17: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 03 B

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7409 | 93.83 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 04

Tabla 18: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 04

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7241 | 91.70 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 05

Tabla 19: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 05

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7588 | 96.10 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 06

Tabla 20: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 06

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7536 | 95.44 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 07

Tabla 21: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 07

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7808 | 98.89 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 08

Tabla 22: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 08

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7855 | 99.48 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 09

Tabla 23: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 09

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7894 | 99.97 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 10

Tabla 24: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 10

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7874 | 99.72 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 11

Tabla 25: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 11

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7892 | 99.95 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

- Punto 12

Tabla 26: Clasificación de las intensidades de corrientes en función de la maniobra para el punto 12

| | v (m/s) (inferior o igual) | Número de datos | % |
|----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------|
| Maniobra de amarre | 1 | 7896 | 100 |
| | 0.1 | 7853 | 99.46 |
| Maniobra de carga/descarga | 1.5 | 7896 | 100 |
| | 0.5 | 7896 | 100 |

Por lo tanto, observando las tablas anteriores se puede deducir que la única maniobra que podría verse afectada en todos los puntos debido a las intensidades de las corrientes sería la maniobra de amarre/atraque en la que las corrientes son transversales a los buques, pues las intensidades máximas de corriente que se encuentran, no siempre serán inferiores a 0,1 m/s.

En particular se puede construir la tabla siguiente:

Tabla 27: Porcentaje de intensidades de corrientes superiores a 0.1 m/s

| Puntos | % de datos con intensidades críticas |
|--------|---|
| 01 | 49.14 |
| 02 | 6.62 |
| 03 A | 4.56 |
| 03 B | 6.17 |
| 04 | 8.3 |
| 05 | 3.9 |
| 06 | 4.56 |
| 07 | 1.11 |
| 08 | 0.52 |
| 09 | 0.03 |
| 10 | 0.28 |
| 11 | 0.05 |
| 12 | 0.54 |

Existen varios puntos en los que estos datos no se van a tener en consideración ya que no son puntos en los que se van a llevar a cabo maniobras de amarre, como puede ser el punto 02, cercano a la playa de la Pineda o el punto 12, antes de la entrada al puerto deportivo. Otros serían los puntos 03 A y 03 B en la bocana del puerto.

Por otro lado, este estudio tiene mucha importancia para ciertos puntos, como son el punto 01 (Monoboya de Tarragona) y el punto 04 (cercano al pantalán de Repsol). Además, estos dos puntos son los que tienen mayor porcentaje de corrientes superficiales con intensidades superiores a las recomendadas para actividades de amarre.

Concretamente, para la monoboya de Tarragona un 49.14% de las intensidades son superiores a 0.1 m/s, siendo esta ubicación una zona primordial para la descarga de crudo y donde los buques amarran en casi cualquier orientación. De manera que es importante analizar en qué direcciones se encuentran las intensidades más elevadas.

En la tabla 28 se muestra el número de horas al año en las que se ve superado el valor recomendado para la maniobra de atraque en el punto 01.

Tabla 28: Porcentaje de corrientes superiores a 0.1 m/s en cada sector en el Punto 01

| Sectores | Número de datos | Porcentaje |
|------------|-----------------|---------------|
| N | 34 | 0.431 |
| NNE | 101 | 1.279 |
| NE | 445 | 5.636 |
| ENE | 686 | 8.688 |
| E | 285 | 3.609 |
| ESE | 71 | 0.899 |
| SE | 23 | 0.291 |
| SSE | 12 | 0.152 |
| S | 55 | 0.697 |
| SSO | 241 | 3.052 |
| SO | 853 | 10.803 |
| OSO | 705 | 8.929 |
| O | 201 | 2.546 |
| ONO | 99 | 1.254 |
| NO | 37 | 0.469 |
| NNO | 32 | 0.405 |

Observando la tabla se puede apreciar que los porcentajes más elevados en los que las maniobras de atraque pueden ser críticas se producen en las direcciones predominantes de las corrientes de este punto, es decir NE, ENE, SO y OSO, direcciones paralelas a la costa. Por lo tanto, se debería evitar amarrar transversalmente a estas direcciones ya que es cuando más crítica sería la maniobra, lo cual significa que los buques deberían intentar amarrar en dirección paralela a la costa en este punto para evitar o minimizar riesgos.

En el caso del punto 04, se puede observar que el porcentaje de intensidades de corrientes que superan los valores recomendados es de 8.3%, muy inferior a los resultados obtenidos en la monoboya de Tarragona. En la tabla 29 se muestra el porcentaje de horas anuales en las que se ve superado el umbral de intensidad recomendado.

En este punto sucede lo mismo que en el 01, los mayores porcentajes se encuentran en las direcciones principales ENE, E y ESE. En este caso la posición final de atraque es NO, siendo esta la dirección del pantalán de Repsol (ver figura 3). Por lo tanto, para evitar situaciones potencialmente críticas la aproximación al pantalán debería ser entre las direcciones ENE y ESE (o entre ONO y OSO), para minimizar las corrientes transversales

y una vez lo suficientemente cerca de la zona de amarre virar de manera que las corrientes ayuden y faciliten las maniobras.

Tabla 29: Porcentaje de corrientes superiores a 0.1 m/s en cada sector en el Punto 04

| Sectores | Número de datos | Porcentaje |
|------------|-----------------|--------------|
| N | 36 | 0.456 |
| NNE | 40 | 0.507 |
| NE | 50 | 0.633 |
| ENE | 124 | 1.570 |
| E | 124 | 1.570 |
| ESE | 96 | 1.216 |
| SE | 54 | 0.684 |
| SSE | 16 | 0.203 |
| S | 0 | 0.000 |
| SSO | 0 | 0.000 |
| SO | 0 | 0.000 |
| OSO | 1 | 0.013 |
| O | 23 | 0.291 |
| ONO | 31 | 0.393 |
| NO | 30 | 0.380 |
| NNO | 30 | 0.380 |

Otros puntos a comentar serían los puntos 05 y 06 con 3.9% y 4.56% de intensidades de corrientes superiores a 0.1 m/s. Estos puntos se encuentran cercanos a distintos muelles lo cual podría condicionar las maniobras. A continuación, se muestran sus respectivas tablas con los porcentajes de horas en los que se ve superado el valor de intensidad recomendado para las maniobras de atraque.

Tabla 30: Porcentaje de corrientes superiores a 0.1 m/s en cada sector en el Punto 05

| Sectores | Número de datos | Porcentaje |
|------------|-----------------|--------------|
| N | 6 | 0.076 |
| NNE | 82 | 1.039 |
| NE | 125 | 1.583 |
| ENE | 7 | 0.089 |
| E | 4 | 0.051 |
| ESE | 22 | 0.279 |
| SE | 20 | 0.253 |
| SSE | 6 | 0.076 |
| S | 8 | 0.101 |
| SSO | 19 | 0.241 |
| SO | 5 | 0.063 |
| OSO | 4 | 0.051 |
| O | 0 | 0.000 |
| ONO | 0 | 0.000 |
| NO | 0 | 0.000 |
| NNO | 0 | 0.000 |

Tabla 31: Porcentaje de corrientes superiores a 0.1 m/s en cada sector en el Punto 06

| Sectores | Número de datos | Porcentaje |
|-----------|-----------------|--------------|
| N | 30 | 0.380 |
| NNE | 22 | 0.279 |
| NE | 22 | 0.279 |
| ENE | 12 | 0.152 |
| E | 12 | 0.152 |
| ESE | 49 | 0.621 |
| SE | 74 | 0.937 |
| SSE | 10 | 0.127 |
| S | 4 | 0.051 |
| SSO | 5 | 0.063 |
| SO | 8 | 0.101 |
| OSO | 5 | 0.063 |
| O | 22 | 0.279 |
| ONO | 26 | 0.329 |
| NO | 26 | 0.329 |
| NNO | 33 | 0.418 |

Nuevamente en ambos puntos los mayores porcentajes se encuentran en las direcciones predominantes de las corrientes para ambos puntos. NNE y NE para el punto 05 y SE para el punto 06.

El punto 05 se encuentra cerca del muelle de Cataluña siguiendo la dirección de la corriente principal comentada de manera que las maniobras de amarre deberían verse facilitadas por las corrientes ya que llegarían mayoritariamente longitudinales al buque.

El punto 06 ubicado en la entrada de la primera dársena del puerto tiene dos muelles cercanos: el de Cantabria y el de Andalucía. Ambos tienen la misma dirección que la de máximas intensidades, por lo tanto, estas corrientes no deberían suponer ningún impedimento, sino que favorecerían las operaciones de amarre.

6.3. Gestión de los vertidos en el puerto

Este apartado responde a cuestiones medioambientales sobre la calidad del agua. En caso de que se produjese un vertido de petróleo o flotantes, además de distinguir en qué zona o punto se ha producido ese vertido es importante tener en cuenta cuándo se está produciendo. Tal y como se puede observar en el anexo 3, dependiendo de la época del año el flujo superficial (que es el que transporta las manchas superficiales de hidrocarburo y los flotantes) puede ser entrante o saliente al puerto por lo que es un factor a tener en consideración.

6.3.1. Vertido en el Punto 01 (Monoboya de Tarragona)

El punto 01 es el punto que se sitúa en la monoboya de Tarragona por lo que es el que se encuentra más alejado del puerto. En los meses de marzo, abril, mayo, diciembre y enero el flotante iría predominantemente en dirección norte, paralelamente a la costa.

Por lo tanto, durante estos meses las manchas superficiales o los flotantes irían en dirección al puerto deportivo, es decir hacia el punto 12. Observando las tablas del anexo 3, se aprecia que durante los meses de marzo, abril, noviembre, diciembre, enero y febrero el flujo es en dirección entrante al puerto. De manera que produciéndose un *oil spill* en el punto 01, durante los meses de marzo, abril, diciembre y enero, este podría acabar en el interior del puerto deportivo.

En el punto 01, los meses de junio, julio, agosto, septiembre, noviembre y febrero las corrientes superficiales tienen direcciones predominantemente paralelas a la costa, pero hacia el sur, es decir hacia el punto 02. En el punto 02, únicamente los meses de abril y mayo tienen corrientes en dirección a la playa de la Pineda. Los meses restantes las direcciones predominantes son hacia el interior del puerto. El mes de octubre tiene corrientes similares en ambas direcciones. Por lo tanto, los vertidos producidos durante estos meses en la monoboya de Tarragona y que se dirigiesen hacia el punto 02 acabarían predominantemente en el interior del puerto.

6.3.2. Vertido en el Punto 04

En el punto 04 durante todos los meses el porcentaje de corrientes superficiales es más elevado hacia el interior del puerto y en dirección al pantanal de Repsol exceptuando el mes mayo. Por lo que generalmente un *oil spill* en este punto se adentraría hacia al puerto hacia los puntos 03 A y 03 B.

Un vertido en el punto 04 durante el mes de mayo haría que el flotante se dirigiese hacia el punto 02 que a su vez en esa época tiene direcciones de corrientes superficiales predominantes hacia la playa de la Pineda por lo tanto la playa de la Pineda podría verse gravemente afectada.

6.3.3. Vertido en el canal principal

En todos los puntos situados en el canal principal del puerto durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, las corrientes superficiales predominantes son hacia el interior del Puerto. Por lo tanto, durante estos meses los posibles flotantes se acumularían al final del puerto.

Los puntos 03 A y 03 B, tal y como se ha comentado anteriormente, tienen un comportamiento similar. En los meses de mayo, junio, julio y agosto en ambos puntos las corrientes superficiales predominantes siguen una trayectoria hacia el exterior del puerto.

Para el punto 03 A en los meses abril y septiembre hay un porcentaje de corrientes mayor hacia el interior del puerto, mientras que en los meses de marzo y octubre las corrientes hacia el interior y exterior del puerto son muy similares.

En el caso del punto 03 B el mes de abril las corrientes en dirección entrantes y saliente son similares. Los meses de marzo, septiembre y octubre las corrientes son principalmente hacia el interior del puerto. Por lo tanto, en la bocana del puerto los flotantes entrarían predominantemente en los meses de marzo, abril y septiembre, además de los ya comentados al inicio del apartado.

En el punto 05, los flotantes en los meses de marzo, septiembre y octubre seguirían hacia el interior del puerto. Los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto las corrientes son mayoritariamente hacia el exterior.

Situado en el punto 08 el flotante se dirigiría hacia el interior del puerto los meses de marzo, abril, mayo y septiembre. Los meses de junio, julio y agosto lo haría hacia el exterior. Por lo que el vertido superficial únicamente progresaría hacia el interior del puerto los meses marzo y septiembre. En el punto 10 los meses de marzo, julio y septiembre tienen un porcentaje de corrientes más elevado hacia el interior del puerto. Los meses de abril, mayo, junio, agosto y octubre la dirección predominante de las corrientes superficiales es hacia el exterior.

Por lo tanto, desde los puntos 03 A y 03 B, llegaría al punto 11 un *oil spill* en los meses de marzo, septiembre, noviembre, diciembre, enero y febrero. Situado en el punto 11 el vertido llegaría hasta el final del puerto los meses de marzo, noviembre, enero y febrero. No obstante, durante el mes de abril las corrientes en este punto también son predominantes hacia la zona final del puerto, durante los meses restantes predominan las corrientes hacia la bocana del puerto.

6.3.4. Vertido en las dársenas

Los puntos situados en las entradas de las dársenas (puntos 06, 07 y 09), durante los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero tienen el mismo comportamiento: la circulación del agua superficial es mayoritariamente entrante, por lo que un flotante situado en estas zonas acabaría hacia el final de las dársenas, a excepción del mes de enero en el punto 06 durante el cual el flujo entrante y saliente es muy similar.

Durante los meses restantes el punto 07 y 09 tienen comportamientos similares a excepción del mes de mayo en el que para el punto 07 el porcentaje del flujo entrante es superior al saliente y de manera inversa para el punto 09. Para los meses de marzo,

abril, junio, julio, agosto y octubre el flujo superficial predominante es hacia fuera de las dársenas. En ambos puntos un vertido existente en esta época del año iría predominantemente hacia el canal principal del puerto. En cambio, el mes de septiembre las corrientes en estos puntos son hacia el interior.

Para el punto 06, los meses de marzo, abril y junio tienen corrientes superficiales predominantes que van hacia el canal principal del puerto. Mientras que durante los meses de mayo, julio, agosto, septiembre y octubre el flujo es hacia las dársenas, por lo que los vertidos se acumularían predominantemente en el interior.

7. Conclusiones y futuras líneas de trabajo

En conclusión, se puede corroborar que a partir de los datos de predicción de corrientes superficiales del sistema SAMOA los resultados obtenidos para todos los puntos elegidos en el puerto de Tarragona de las rosas de corrientes y tablas de encuentro son resultados que tienen un sentido físico y son los esperados ya que siguen los contornos de la costa. En los puntos situados en aguas exteriores puntos 01, 02 y 12 dichos resultados son paralelos a la costa y a la parte externa del puerto. Para los puntos situados en canal principal se han obtenido direcciones principales de corrientes superficiales que siguen el sentido del mismo. En cuanto a los puntos situados en las aperturas de las dársenas, las direcciones predominantes siguen la forma física del puerto.

Los únicos puntos en los que se podía esperar un resultado diferente eran en 03 A y 03 B, ya que unas posibles consecuencias eran circulaciones de flujo en sentidos contrarios. Al no ser así se debería hacer un estudio de las capas inferiores y comprobar en ellas la dirección de circulación para así corroborar la hipótesis de una posible circulación estuárica negativa del agua.

En cuanto a las intensidades de corriente, se ha comprobado que según la ROM 3.1-99 la única maniobra que se puede ver afectada en los puntos de estudio es la de amarre, debido a las posibles corrientes transversales a los buques, las cuales no pueden ser superiores a 0.1 m/s. Los puntos que se han visto principalmente afectados después de analizar los resultados son 01, 04, 05 y 06 ya que en estas zonas es donde se realizan las maniobras de atraque.

En el caso de los puntos 05 y 06 se ha visto que las corrientes favorecerían las maniobras de amarre ya que son en dirección paralela a los respectivos muelles.

Sin embargo, en el caso del punto 01, es decir la monoboya de Tarragona, se ha podido comprobar que las direcciones en las que se tienen mayores intensidades son en las direcciones predominantes de corriente a este punto, las cuales son NE, ENE, SO y OSO. Por lo tanto, para evitar que estas corrientes alcancen a los buques transversalmente durante la maniobra de atraque, lo más favorable bajo estas condiciones sería aproximarse a esta zona en estas direcciones para así recibir las corrientes ya sea por popa o proa.

En caso de que se presenten las condiciones mostradas en la tabla 29, las maniobras en el punto 04 presentarían mayor dificultad como consecuencia de que las máximas intensidades tienen una angulación aproximada de entre 0° y 45° con respecto al pantalán de Repsol. La mejor opción sería aproximarse al pantalán siguiendo estas direcciones, ENE, E y ESE o sus opuestas, para intentar que se minimicen las corrientes transversales y una vez lo suficientemente cerca del pantalán, virar para amarrar y así aprovechar dichas corrientes.

En cuanto a los vertidos, se ha visto que hay diferencias en los sentidos de las corrientes superficiales incluso dentro de los grupos que se han creado: aguas abiertas, aguas intermedias, canal principal y en las aperturas de las dársenas.

Se puede suponer que durante los meses de marzo, septiembre, noviembre, diciembre, enero y febrero si se produce un *oil spill* en el interior del puerto la mancha superficial de hidrocarburo que se produzca viajaría predominantemente hacia el interior del puerto. El resto de meses se ha de comprobar punto a punto que sucedería y en qué zona exactamente se quedaría el flotante y las manchas.

Además, después del análisis realizado puede decirse que la playa de la Pineda si se produjese un vertido en el punto 04 únicamente podría verse afectada el mes de mayo. Por lo tanto, este mes se ha de tener en cuenta de cara a la protección tanto de la playa como de los usuarios de la misma.

No obstante, se considera que una buena propuesta de trabajo futuro sería realizar una simulación con modelos numéricos de transporte de partículas con los resultados obtenidos de las corrientes, con diferentes tipos de flotantes y en los distintos puntos de estudio y ver exactamente su comportamiento. Además, se sugiere repetir el estudio utilizando una serie temporal de más de un año para aumentar la confiabilidad de los resultados.

En el caso en el que se decidiese poner correntímetros para monitorizar las corrientes superficiales del puerto, podría proponerse descartar alguno de los puntos que se han estudiado en este trabajo para reducir el coste de la operación. Se considera que los puntos que podrían eliminarse serían el punto 03 A o 03 B y colocar uno situado en medio del canal ya que se ha comprobado que ambos puntos dan una información muy similar. De los restantes puntos situados en el canal principal, 05, 08, 10 y 11, se podrían reducir únicamente a dos situados a una distancia equitativa con respecto a la ubicación de los puntos 03 A y 03 B para cubrir la zona del canal principal.

Webgrafía

Autoritat Portuària de Tarragona, Port de Tarragona [Consulta: marzo 2018]. Disponible en: <https://www.porttarragona.cat>

Puertos del Estado, Dataset [Consulta: marzo, abril, mayo 2018]. Disponible en: <http://opendap.puertos.es/thredds/catalog.html>

Puerto de Tarragona, Estadística [Consulta: marzo 2018]. Disponible en: http://www.puertos.es/Memorias_Anuales/2015/pdf/tarragona/04.pdf

Idescat, Estadística [Consulta: marzo 2018]. Disponible en: www.idescat.cat/pub

Bibliografía

ROM 3.1-99 (2000): *“Recomendaciones para el Proyecto de Configuración Marítima de los Puertos, Canales de Acceso y áreas de Flotación”*, Puertos del Estado, Ministerio de Fomento.

Marcos G. Sotillo, P. Cerralbo, P. Lorente et al. (2018), *High Resolution Coastal Ocean Forecasting in Spanish Ports: The SAMOA Operational Service*. Journal of Operational Oceanography Brink, H., and Allen, J. (1978). On the effect of bottom friction on barotropic motion over the continental shelf. Journal of Physical Oceanography, 8, p 919-922.

Enrique Alvarez Fanjul, Marcos García Sotillo, Begoña Pérez Gómez, et al. (2017), *The SAMOA initiative: Operational Oceanography at the service of the Ports*. 8th EuroGOOS Conference, Operational Oceanography: Serving Sustainable Marine Development, p 379-385.

LIM/UPC (2017), *Desarrollo de un programa de predicción y análisis de la circulación hidrodinámica y transporte en zonas portuarias mediante simulación y observaciones: Atlas de situaciones hidrodinámicas típicas en la zona costera y portuaria de Tarragona*, Informe técnico.

LIM/UPC (2015), *Informe del Convenio entre el Organismo Público Puertos del Estado, las Autoridades Portuarias de Tarragona, Barcelona y Bilbao y la Universitat Politècnica de Catalunya para el desarrollo de un programa de predicción y análisis de la circulación hidrodinámica y transporte en zonas portuarias mediante simulación numérica y observaciones*, Informe técnico.

Anexos

Anexo 1: Características de los ficheros netcdf

Tabla 32: Resultado `ncdisp ('url') command window de Matlab`

| | |
|--|--|
| <p>Dimensions:</p> <p>time = 24 (UNLIMITED)</p> <p>depth = 1</p> <p>latitude = 182</p> <p>longitude = 199</p> <p>Variables:</p> <p>longitude</p> <p>Size: 199x1</p> <p>Dimensions: longitude</p> <p>Datatype: single</p> <p>Attributes:</p> <p>standard_name = 'longitude'</p> <p>long_name = 'Longitude'</p> <p>units = 'degrees_east'</p> <p>axis = 'X'</p> <p>latitude</p> <p>Size: 182x1</p> <p>Dimensions: latitude</p> <p>Datatype: single</p> <p>Attributes:</p> <p>standard_name = 'latitude'</p> <p>long_name = 'Latitude'</p> <p>units = 'degrees_north'</p> <p>axis = 'Y'</p> <p>depth</p> <p>Size: 1x1</p> <p>Dimensions: depth</p> <p>Datatype: single</p> <p>Attributes:</p> <p>long_name = 'Depth'</p> <p>units = 'm'</p> <p>positive = 'down'</p> <p>axis = 'Z'</p> <p>time</p> <p>Size: 24x1</p> <p>Dimensions: time</p> <p>Datatype: double</p> <p>Attributes:</p> <p>standard_name = 'time'</p> <p>long_name = 'time'</p> <p>units = 'hours since 1950-1-1 00:00:00'</p> <p>calendar = 'standard'</p> <p>axis = 'T'</p> <p>ssh</p> <p>Size: 199x182x24</p> <p>Dimensions: longitude,latitude,time</p> <p>Datatype: int16</p> <p>Attributes:</p> <p>standard_name =</p> <p>'sea_surface_height_above_sea_level'</p> <p>long_name = 'Sea surface height'</p> <p>units = 'm'</p> <p>add_offset = 0</p> <p>scale_factor = 0.001</p> | <p>temperature</p> <p>Size: 199x182x24</p> <p>Dimensions: longitude,latitude,time</p> <p>Datatype: int16</p> <p>Attributes:</p> <p>standard_name =</p> <p>'sea_water_potential_temperature'</p> <p>long_name = 'Temperature'</p> <p>units = 'C'</p> <p>add_offset = 20</p> <p>scale_factor = 0.001</p> <p>_FillValue = -32767</p> <p>missing_value = -32767</p> <p>unit_long = 'Celsius'</p> <p>ubar</p> <p>Size: 199x182x24</p> <p>Dimensions: longitude,latitude,time</p> <p>Datatype: int16</p> <p>Attributes:</p> <p>standard_name =</p> <p>'eastward_sea_barotropic_velocity'</p> <p>long_name = 'zonal barotropic velocity'</p> <p>units = 'm s-1'</p> <p>add_offset = 0</p> <p>scale_factor = 0.0001</p> <p>_FillValue = -32767</p> <p>missing_value = -32767</p> <p>unit_long = 'Meters per second'</p> <p>u</p> <p>Size: 199x182x1x24</p> <p>Dimensions: longitude,latitude,depth,time</p> <p>Datatype: int16</p> <p>Attributes:</p> <p>standard_name =</p> <p>'eastward_sea_water_velocity'</p> <p>long_name = 'Eastward velocity'</p> <p>units = 'm s-1'</p> <p>add_offset = 0</p> <p>scale_factor = 0.0001</p> <p>_FillValue = -32767</p> <p>missing_value = -32767</p> <p>unit_long = 'Meters per second'</p> <p>vbar</p> <p>Size: 199x182x24</p> <p>Dimensions: longitude,latitude,time</p> <p>Datatype: int16</p> <p>Attributes:</p> <p>standard_name =</p> <p>'northward_sea_barotropic_velocity'</p> <p>long_name = 'meridional barotropic velocity'</p> <p>units = 'm s-1'</p> <p>add_offset = 0</p> <p>scale_factor = 0.0001</p> <p>_FillValue = -32767</p> |
|--|--|

| | |
|---|--|
| <pre> _FillValue = -32767 missing_value = -32767 unit_long = 'Meters' salinity Size: 199x182x24 Dimensions: longitude,latitude,time Datatype: int16 Attributes: standard_name = 'sea_surface_water_salinity' long_name = 'Salinity' units = '1e-3' add_offset = 20 scale_factor = 0.001 _FillValue = -32767 missing_value = -32767 unit_long = 'Practical Salinity Unit' </pre> | <pre> missing_value = -32767 unit_long = 'Meters per second' v Size: 199x182x1x24 Dimensions: longitude,latitude,depth,time Datatype: int16 Attributes: standard_name = 'northward_sea_water_velocity' long_name = 'Northward velocity' units = 'm s-1' add_offset = 0 scale_factor = 0.0001 _FillValue = -32767 missing_value = -32767 unit_long = 'Meters per second' </pre> |
|---|--|

Anexo 2: Código en Matlab de la variable “u”

```
clear all; clc;
%Se crea el espacio (celda) en el cual se van colocando/guardando los datos
correspondientes a cada mes
%days=[31 30 31 30 31 31 30 31 30 31 31 28 31], son el numero de días que tiene
cada mes,
%sin embargo se puede ver en la página web que no se tienen disponibles todos los
días de cada mes
%así que se llama únicamente a los días existentes;
days=cell(13,2);
days{1,1}=31; %mes
days{1,2}=[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,13,14,15,16,17,18,19,21,22,23,24,25,27,28,30]; %
%días existentes
days{2,1}=30;
days{2,2}=[1,2,3,5,11,15,16,17,19,20,22,23,24,25,26,27,29];
days{3,1}=31;
days{3,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,26,27,28,29,30];
days{4,1}=30;
days{4,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29];
days{5,1}=31;
days{5,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30];
days{6,1}=31;
days{6,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30];
days{7,1}=30;
days{7,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29];
days{8,1}=31;
days{8,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30];
days{9,1}=30;
days{9,2}=[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,26,27,28];
days{10,1}=31;
days{10,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30];
days{11,1}=31;
days{11,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30];
days{12,1}=28;
days{12,2}=
[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27];
days{13,1}=31;
days{13,2}=[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20];

%Meses y año correspondientes a los mismos del año de estudio
months=[03;04;05;06;07;08;09;10;11;12;01;02;03];
years=[2017 2017 2017 2017 2017 2017 2017 2017 2017 2017 2017 2018 2018 2018];
%Se transforma el formato en el que están las coordenadas
longboya=[1 13 23];
latboya=[41 4 38];
```

Figura 73: Primera parte del script de Matlab para la variable u. Fuente: Elaboración propia


```

longgrboya=dms2degrees(longboya);
latgrboya=dms2degrees(latboya);
%Celda en la que se guardan los datos obtenidos
uboya=cell(1,13);

% Para cada uno de los meses (i):
for i=1:13
    i
    % Se inicia tt donde se van a guardar 24 valores para cada día (j)
    tt=double(rand(days{i,1},24));
    % Para el día j
    for j=1:days{i,1}
        z=find(days{i,2]==j)
        if z~=0

            j

            % Concatenación de la url y carga e inicialización de datos
            url=strcat('http://opendap.puertos.
es/thredds/dodsC/circulation_local_tar/',num2str(years(i)), '/',num2str(months(i),'%
02.0f'),' /TARPERT-PdE-hm-',num2str(years(i)),num2str(months(i),'%02.0f'),num2str
(j,'%02.0f'),' -HC.nc');
            u=ncread(url,'u');
            longitude=ncread(url,'longitude');
            latitude=ncread(url,'latitude');
            % Reducción de dimensiones para poder tratar mejor la matriz
            u3d=squeeze(u);
            % Se busca la posición de la boya
            [t,ilong]=min(abs(longitude-longgrboya));
            [t,ilat]=min(abs(latitude-latgrboya));
            % Se guardan los valores de u de la boya para las 24h del día en tt
            %matrand = tt;
            tt(j,:)=(squeeze(u3d(ilong,ilat,:)));
            if ((j==1)&&(i==1))
                dia01032017=tt(j,:); %%test
            end
        end
    end

    end
    % Cuando se tienen todos los valores de tt para el mes i, se guardan los
    % Valores en la posición de la celda correspondiente al mes i.
    uboya{i}=tt
end

```

Figura 74: Segunda parte del script de Matlab para la variable u. Fuente: Elaboración propia

Anexo 3: Serie temporal mensual de los puntos analizados

Tabla 33: Serie temporal mensual Punto 01

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 01 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | NE | 108 | 0.271 | 0.144 | 17.308 |
| | ENE | 135 | 0.320 | 0.141 | 21.630 |
| ABRIL | ENE | 72 | 0.283 | 0.107 | 17.647 |
| | E | 62 | 0.254 | 0.091 | 15.196 |
| MAYO | NE | 75 | 0.218 | 0.090 | 11.161 |
| | ENE | 104 | 0.321 | 0.126 | 15.476 |
| | E | 72 | 0.222 | 0.104 | 10.714 |
| | OSO | 95 | 0.293 | 0.150 | 14.137 |
| JUNIO | ENE | 112 | 0.483 | 0.155 | 17.284 |
| | SO | 81 | 0.364 | 0.103 | 12.500 |
| | OSO | 78 | 0.304 | 0.110 | 12.037 |
| JULIO | SO | 184 | 0.475 | 0.218 | 25.556 |
| | OSO | 141 | 0.422 | 0.199 | 19.583 |
| AGOSTO | SO | 243 | 0.398 | 0.185 | 33.750 |
| | OSO | 96 | 0.290 | 0.139 | 13.333 |
| SEPTIEMBRE | SO | 180 | 0.305 | 0.151 | 26.786 |
| | OSO | 118 | 0.323 | 0.144 | 17.560 |
| OCTUBRE | NE | 129 | 0.256 | 0.139 | 17.917 |
| | ENE | 96 | 0.386 | 0.137 | 13.333 |
| | SO | 117 | 0.311 | 0.151 | 16.250 |
| | OSO | 89 | 0.339 | 0.112 | 12.361 |
| NOVIEMBRE | ENE | 85 | 0.165 | 0.080 | 13.622 |
| | SO | 127 | 0.248 | 0.103 | 20.353 |
| | OSO | 100 | 0.225 | 0.103 | 16.026 |
| DICIEMBRE | ENE | 131 | 0.326 | 0.106 | 18.194 |
| | E | 102 | 0.277 | 0.102 | 14.167 |
| | OSO | 126 | 0.356 | 0.165 | 17.500 |
| ENERO | NE | 101 | 0.480 | 0.156 | 14.028 |
| | ENE | 177 | 0.421 | 0.161 | 24.583 |
| | E | 131 | 0.231 | 0.122 | 18.194 |
| FEBRERO | ENE | 78 | 0.243 | 0.111 | 12.037 |
| | SO | 111 | 0.326 | 0.102 | 17.130 |
| | OSO | 100 | 0.382 | 0.132 | 15.432 |

Tabla 34: Serie temporal mensual Punto 02

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 2 | | | | | |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| MES | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | NE | 110 | 0.173 | 0.061 | 17.628 |
| | ENE | 64 | 0.186 | 0.061 | 10.256 |
| | SO | 66 | 0.074 | 0.031 | 10.577 |
| ABRIL | NE | 48 | 0.165 | 0.061 | 11.765 |
| | SSE | 41 | 0.089 | 0.050 | 10.049 |
| | S | 61 | 0.085 | 0.046 | 14.951 |
| MAYO | OSO | 73 | 0.073 | 0.039 | 10.863 |
| JUNIO | NE | 65 | 0.172 | 0.071 | 10.031 |
| JULIO | NNE | 98 | 0.222 | 0.102 | 13.611 |
| AGOSTO | NE | 76 | 0.141 | 0.054 | 10.556 |
| | SO | 74 | 0.107 | 0.046 | 10.278 |
| SEPTIEMBRE | NNE | 115 | 0.156 | 0.059 | 17.113 |
| | NE | 118 | 0.141 | 0.059 | 17.560 |
| OCTUBRE | NNE | 102 | 0.177 | 0.059 | 14.167 |
| | NE | 104 | 0.138 | 0.044 | 14.444 |
| NOVIEMBRE | N | 82 | 0.101 | 0.049 | 13.141 |
| | NNE | 100 | 0.104 | 0.051 | 16.026 |
| | NE | 76 | 0.086 | 0.039 | 12.179 |
| DICIEMBRE | NNE | 146 | 0.286 | 0.056 | 20.278 |
| | NE | 157 | 0.257 | 0.054 | 21.806 |
| | ENE | 87 | 0.103 | 0.043 | 12.083 |
| ENERO | NNE | 109 | 0.140 | 0.061 | 15.139 |
| | NE | 133 | 0.138 | 0.060 | 18.472 |
| | ENE | 79 | 0.115 | 0.048 | 10.972 |
| FEBRERO | NNE | 80 | 0.119 | 0.044 | 12.346 |
| | NE | 104 | 0.107 | 0.047 | 16.049 |

Tabla 35: Serie temporal mensual Punto 03 A

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 03 A | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | NE | 65 | 0.115 | 0.055 | 10.417 |
| | ENE | 78 | 0.142 | 0.044 | 12.500 |
| | SO | 68 | 0.079 | 0.030 | 10.897 |
| | OSO | 67 | 0.137 | 0.033 | 10.737 |
| ABRIL | NE | 52 | 0.175 | 0.067 | 12.745 |
| | ENE | 51 | 0.127 | 0.046 | 12.500 |
| | SO | 69 | 0.110 | 0.044 | 16.912 |
| MAYO | ENE | 86 | 0.191 | 0.057 | 12.798 |
| | SO | 153 | 0.128 | 0.042 | 22.768 |
| | OSO | 109 | 0.088 | 0.036 | 16.220 |
| JUNIO | NE | 83 | 0.285 | 0.072 | 12.809 |
| | ENE | 99 | 0.168 | 0.055 | 15.278 |
| | SO | 225 | 0.155 | 0.051 | 34.722 |
| JULIO | ENE | 112 | 0.164 | 0.073 | 15.556 |
| | SO | 201 | 0.140 | 0.057 | 27.917 |
| AGOSTO | SO | 242 | 0.108 | 0.045 | 33.611 |
| SEPTIEMBRE | NE | 87 | 0.131 | 0.050 | 12.946 |
| | ENE | 99 | 0.135 | 0.047 | 14.732 |
| | E | 76 | 0.124 | 0.043 | 11.310 |
| OCTUBRE | ENE | 94 | 0.126 | 0.040 | 13.056 |
| | SO | 94 | 0.122 | 0.042 | 13.056 |
| NOVIEMBRE | NE | 88 | 0.076 | 0.026 | 14.103 |
| | ENE | 165 | 0.118 | 0.044 | 26.442 |
| | E | 118 | 0.125 | 0.048 | 18.910 |
| DICIEMBRE | ENE | 174 | 0.117 | 0.050 | 24.167 |
| | E | 133 | 0.124 | 0.053 | 18.472 |
| | ESE | 87 | 0.155 | 0.047 | 12.083 |
| ENERO | NE | 101 | 0.167 | 0.045 | 14.028 |
| | ENE | 121 | 0.164 | 0.047 | 16.806 |
| | E | 83 | 0.116 | 0.042 | 11.528 |
| | ESE | 106 | 0.122 | 0.050 | 14.722 |
| | SE | 116 | 0.119 | 0.063 | 16.111 |
| FEBRERO | NE | 83 | 0.165 | 0.046 | 12.809 |
| | ENE | 99 | 0.091 | 0.043 | 15.278 |
| | E | 88 | 0.095 | 0.035 | 13.580 |
| | ESE | 80 | 0.1149 | 0.0466 | 12.346 |

Tabla 36: Serie temporal mensual Punto 03 B

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 03 B | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | ENE | 60 | 0.095 | 0.042 | 9.615 |
| | E | 84 | 0.169 | 0.050 | 13.462 |
| | ESE | 74 | 0.166 | 0.048 | 11.859 |
| ABRIL | ENE | 47 | 0.119 | 0.055 | 11.520 |
| | E | 49 | 0.086 | 0.038 | 12.010 |
| | SO | 44 | 0.065 | 0.035 | 10.784 |
| | OSO | 61 | 0.125 | 0.045 | 14.951 |
| MAYO | ENE | 91 | 0.122 | 0.056 | 13.542 |
| | OSO | 179 | 0.108 | 0.042 | 26.637 |
| JUNIO | ENE | 94 | 0.201 | 0.063 | 14.506 |
| | E | 88 | 0.127 | 0.047 | 13.580 |
| | SO | 114 | 0.124 | 0.041 | 17.593 |
| | OSO | 144 | 0.152 | 0.044 | 22.222 |
| JULIO | ENE | 90 | 0.162 | 0.073 | 12.500 |
| | E | 112 | 0.170 | 0.078 | 15.556 |
| | SO | 90 | 0.125 | 0.043 | 12.500 |
| | OSO | 169 | 0.142 | 0.062 | 23.472 |
| AGOSTO | E | 81 | 0.122 | 0.044 | 11.250 |
| | SO | 98 | 0.069 | 0.030 | 13.611 |
| | OSO | 209 | 0.210 | 0.048 | 29.028 |
| SEPTIEMBRE | ENE | 94 | 0.156 | 0.156 | 13.988 |
| | E | 176 | 0.157 | 0.049 | 26.190 |
| OCTUBRE | ENE | 80 | 0.148 | 0.042 | 11.111 |
| | E | 118 | 0.103 | 0.034 | 16.389 |
| | OSO | 97 | 0.144 | 0.035 | 13.472 |
| NOVIEMBRE | NE | 67 | 0.117 | 0.038 | 10.737 |
| | ENE | 121 | 0.139 | 0.055 | 19.391 |
| | E | 142 | 0.131 | 0.051 | 22.756 |
| | ESE | 83 | 0.124 | 0.050 | 13.301 |
| DICIEMBRE | ENE | 146 | 0.193 | 0.065 | 20.278 |
| | E | 153 | 0.196 | 0.070 | 21.250 |
| | ESE | 100 | 0.114 | 0.041 | 13.889 |
| ENERO | NE | 92 | 0.122 | 0.044 | 12.778 |
| | ENE | 113 | 0.165 | 0.050 | 15.694 |
| | E | 101 | 0.110 | 0.044 | 14.028 |
| | ESE | 142 | 0.131 | 0.054 | 19.722 |
| | SE | 105 | 0.110 | 0.055 | 14.583 |
| FEBRERO | ENE | 102 | 0.110 | 0.045 | 15.741 |
| | E | 95 | 0.110 | 0.044 | 14.660 |
| | ESE | 91 | 0.125 | 0.041 | 14.043 |

Tabla 37: Serie temporal Punto 04

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 04 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | E | 63 | 0.211 | 0.065 | 10.096 |
| | ESE | 61 | 0.206 | 0.060 | 9.776 |
| ABRIL | SE | 61 | 0.134 | 0.050 | 14.951 |
| | SSE | 64 | 0.108 | 0.055 | 15.686 |
| MAYO | ESE | 71 | 0.134 | 0.059 | 10.565 |
| | O | 71 | 0.094 | 0.043 | 10.565 |
| | ONO | 65 | 0.093 | 0.038 | 9.673 |
| JUNIO | SE | 77 | 0.146 | 0.047 | 11.883 |
| | SSE | 64 | 0.127 | 0.046 | 9.877 |
| JULIO | SE | 103 | 0.161 | 0.064 | 14.306 |
| | SSE | 78 | 0.127 | 0.057 | 10.833 |
| AGOSTO | SE | 86 | 0.130 | 0.048 | 11.944 |
| | SSE | 72 | 0.094 | 0.037 | 10.000 |
| SEPTIEMBRE | ENE | 80 | 0.149 | 0.065 | 11.905 |
| | E | 105 | 0.148 | 0.050 | 15.625 |
| | ESE | 112 | 0.141 | 0.043 | 16.667 |
| | SE | 91 | 0.126 | 0.051 | 13.542 |
| OCTUBRE | E | 66 | 0.126 | 0.036 | 9.167 |
| | ESE | 95 | 0.090 | 0.037 | 13.194 |
| | SE | 72 | 0.117 | 0.042 | 10.000 |
| NOVIEMBRE | ENE | 112 | 0.130 | 0.052 | 17.949 |
| | E | 129 | 0.137 | 0.054 | 20.673 |
| | ESE | 68 | 0.148 | 0.075 | 10.897 |
| DICIEMBRE | ENE | 169 | 0.238 | 0.068 | 23.472 |
| | E | 214 | 0.189 | 0.068 | 29.722 |
| | ESE | 112 | 0.152 | 0.055 | 15.556 |
| ENERO | ENE | 98 | 0.156 | 0.067 | 13.611 |
| | E | 173 | 0.154 | 0.062 | 24.028 |
| | ESE | 145 | 0.150 | 0.063 | 20.139 |
| | SE | 85 | 0.102 | 0.047 | 11.806 |
| FEBRERO | NE | 77 | 0.105 | 0.051 | 11.883 |
| | ENE | 81 | 0.118 | 0.046 | 12.500 |
| | E | 95 | 0.119 | 0.055 | 14.660 |
| | ESE | 88 | 0.113 | 0.049 | 13.580 |

Tabla 38: Serie temporal mensual Punto 05

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 05 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | NNE | 69 | 0.097 | 0.042 | 11.058 |
| | NE | 66 | 0.121 | 0.054 | 10.577 |
| ABRIL | NNE | 41 | 0.093 | 0.042 | 10.049 |
| | NE | 62 | 0.143 | 0.059 | 15.196 |
| | SSE | 46 | 0.091 | 0.044 | 11.275 |
| | S | 55 | 0.086 | 0.043 | 13.480 |
| | SSO | 52 | 0.088 | 0.035 | 12.745 |
| MAYO | NE | 83 | 0.131 | 0.062 | 12.351 |
| | SSO | 132 | 0.099 | 0.039 | 19.643 |
| | SO | 93 | 0.080 | 0.032 | 13.839 |
| | OSO | 68 | 0.083 | 0.035 | 10.119 |
| JUNIO | NNE | 107 | 0.207 | 0.053 | 16.512 |
| | NE | 76 | 0.241 | 0.070 | 11.728 |
| | S | 74 | 0.097 | 0.040 | 11.420 |
| | SSO | 190 | 0.137 | 0.038 | 29.321 |
| JULIO | NNE | 128 | 0.158 | 0.066 | 17.778 |
| | NE | 73 | 0.199 | 0.081 | 10.139 |
| | SSO | 165 | 0.117 | 0.054 | 22.917 |
| | SO | 80 | 0.093 | 0.040 | 11.111 |
| AGOSTO | NNE | 77 | 0.123 | 0.047 | 10.694 |
| | S | 109 | 0.086 | 0.039 | 15.139 |
| | SSO | 199 | 0.102 | 0.038 | 27.639 |
| | SO | 84 | 0.092 | 0.034 | 11.667 |
| SEPTIEMBRE | NNE | 126 | 0.121 | 0.048 | 18.750 |
| | NE | 91 | 0.157 | 0.061 | 13.542 |
| OCTUBRE | NNE | 92 | 0.113 | 0.035 | 12.778 |
| | NE | 79 | 0.123 | 0.044 | 10.972 |
| | SSO | 87 | 0.111 | 0.029 | 12.083 |
| NOVIEMBRE | NNE | 198 | 0.111 | 0.040 | 31.731 |
| | NE | 121 | 0.140 | 0.049 | 19.391 |
| DICIEMBRE | NNE | 182 | 0.117 | 0.048 | 25.278 |
| | NE | 154 | 0.128 | 0.055 | 21.389 |
| | ESE | 127 | 0.125 | 0.046 | 17.639 |
| ENERO | NNE | 148 | 0.159 | 0.045 | 20.556 |
| | NE | 89 | 0.175 | 0.055 | 12.361 |
| | ESE | 135 | 0.118 | 0.053 | 18.750 |
| FEBRERO | NNE | 99 | 0.152 | 0.049 | 15.278 |
| | NE | 95 | 0.129 | 0.048 | 14.660 |

Tabla 39: Serie temporal mensual Punto 06

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 06 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | ESE | 71 | 0.171 | 0.045 | 11.378 |
| | SE | 96 | 0.132 | 0.045 | 15.385 |
| | ONO | 65 | 0.137 | 0.033 | 10.417 |
| ABRIL | SE | 133 | 0.086 | 0.045 | 32.598 |
| MAYO | SE | 121 | 0.166 | 0.049 | 18.006 |
| | O | 68 | 0.100 | 0.043 | 10.119 |
| | ONO | 97 | 0.063 | 0.025 | 14.435 |
| JUNIO | SE | 159 | 0.155 | 0.057 | 24.537 |
| | SSE | 68 | 0.099 | 0.044 | 10.494 |
| | ONO | 92 | 0.208 | 0.042 | 14.198 |
| | NO | 82 | 0.167 | 0.036 | 12.654 |
| JULIO | SE | 157 | 0.140 | 0.053 | 21.806 |
| | ONO | 104 | 0.110 | 0.047 | 14.444 |
| | NO | 130 | 0.139 | 0.049 | 18.056 |
| AGOSTO | SE | 196 | 0.111 | 0.044 | 27.222 |
| | ONO | 89 | 0.121 | 0.031 | 12.361 |
| | NO | 91 | 0.092 | 0.030 | 12.639 |
| SEPTIEMBRE | SE | 136 | 0.102 | 0.038 | 20.238 |
| | ONO | 75 | 0.068 | 0.025 | 11.161 |
| | NO | 86 | 0.113 | 0.030 | 12.798 |
| | NNO | 75 | 0.095 | 0.039 | 11.161 |
| OCTUBRE | ONO | 86 | 0.100 | 0.028 | 11.944 |
| | NO | 127 | 0.112 | 0.026 | 17.639 |
| NOVIEMBRE | SE | 105 | 0.100 | 0.058 | 16.827 |
| | ONO | 75 | 0.076 | 0.022 | 12.019 |
| | NO | 173 | 0.100 | 0.032 | 27.724 |
| | NNO | 68 | 0.090 | 0.039 | 10.897 |
| DICIEMBRE | ESE | 145 | 0.129 | 0.047 | 20.139 |
| | SE | 104 | 0.109 | 0.047 | 14.444 |
| | NO | 158 | 0.120 | 0.042 | 21.944 |
| ENERO | ESE | 141 | 0.122 | 0.062 | 19.583 |
| | SE | 90 | 0.106 | 0.049 | 12.500 |
| | ONO | 96 | 0.092 | 0.028 | 13.333 |
| | NO | 136 | 0.098 | 0.034 | 18.889 |
| FEBRERO | SE | 130 | 0.115 | 0.045 | 20.062 |
| | NO | 112 | 0.077 | 0.031 | 17.284 |
| | NNO | 74 | 0.091 | 0.046 | 11.420 |

Tabla 40: Serie temporal mensual Punto 07

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 07 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | SE | 103 | 0.155 | 0.037 | 16.506 |
| | SSE | 64 | 0.107 | 0.023 | 10.256 |
| | NO | 74 | 0.097 | 0.030 | 11.859 |
| ABRIL | SE | 95 | 0.109 | 0.050 | 23.284 |
| | SSE | 44 | 0.060 | 0.023 | 10.784 |
| | ONO | 45 | 0.102 | 0.041 | 11.029 |
| | NO | 42 | 0.078 | 0.029 | 10.294 |
| MAYO | SE | 124 | 0.175 | 0.035 | 18.452 |
| | ONO | 75 | 0.052 | 0.020 | 11.161 |
| | NO | 71 | 0.071 | 0.024 | 10.565 |
| JUNIO | SE | 178 | 0.090 | 0.027 | 27.469 |
| | SSE | 67 | 0.050 | 0.014 | 10.340 |
| | ONO | 87 | 0.134 | 0.026 | 13.426 |
| | NO | 100 | 0.123 | 0.030 | 15.432 |
| JULIO | SE | 174 | 0.103 | 0.033 | 24.167 |
| | SSE | 87 | 0.072 | 0.026 | 12.083 |
| | ONO | 81 | 0.067 | 0.032 | 11.250 |
| | NO | 133 | 0.119 | 0.044 | 18.472 |
| AGOSTO | SE | 216 | 0.112 | 0.029 | 30.000 |
| | SSE | 99 | 0.071 | 0.018 | 13.750 |
| | NO | 79 | 0.122 | 0.032 | 10.972 |
| SEPTIEMBRE | SE | 127 | 0.073 | 0.029 | 18.899 |
| | ONO | 73 | 0.088 | 0.031 | 10.863 |
| | NO | 108 | 0.081 | 0.032 | 16.071 |
| | NNO | 70 | 0.082 | 0.033 | 10.417 |
| OCTUBRE | SE | 148 | 0.083 | 0.024 | 20.556 |
| | NO | 124 | 0.067 | 0.027 | 17.222 |
| NOVIEMBRE | SE | 105 | 0.094 | 0.041 | 16.827 |
| | ONO | 65 | 0.062 | 0.019 | 10.417 |
| | NO | 241 | 0.086 | 0.030 | 38.622 |
| | NNO | 64 | 0.085 | 0.030 | 10.256 |
| DICIEMBRE | ESE | 118 | 0.117 | 0.042 | 16.389 |
| | SE | 77 | 0.077 | 0.029 | 10.694 |
| | NO | 232 | 0.097 | 0.033 | 32.222 |
| ENERO | ESE | 135 | 0.120 | 0.054 | 18.750 |
| | NO | 187 | 0.153 | 0.037 | 25.972 |
| FEBRERO | SE | 107 | 0.093 | 0.039 | 16.512 |
| | ONO | 65 | 0.106 | 0.035 | 10.031 |
| | NO | 154 | 0.109 | 0.034 | 23.765 |

Tabla 41: Serie temporal mensual Punto 08

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 08 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | NE | 80 | 0.097 | 0.030 | 12.821 |
| | ENE | 87 | 0.073 | 0.022 | 13.942 |
| | E | 66 | 0.112 | 0.039 | 10.577 |
| | SO | 71 | 0.049 | 0.016 | 11.378 |
| ABRIL | NE | 49 | 0.095 | 0.030 | 12.010 |
| | ENE | 42 | 0.044 | 0.016 | 10.294 |
| | OSO | 45 | 0.073 | 0.017 | 11.029 |
| MAYO | SO | 187 | 0.039 | 0.015 | 27.827 |
| | OSO | 144 | 0.071 | 0.021 | 21.429 |
| JUNIO | NE | 65 | 0.114 | 0.028 | 10.031 |
| | ENE | 104 | 0.120 | 0.023 | 16.049 |
| | SO | 177 | 0.055 | 0.014 | 27.315 |
| | OSO | 96 | 0.058 | 0.013 | 14.815 |
| JULIO | ENE | 177 | 0.078 | 0.027 | 24.583 |
| | SO | 153 | 0.053 | 0.021 | 21.250 |
| | OSO | 96 | 0.046 | 0.021 | 13.333 |
| AGOSTO | SSO | 106 | 0.024 | 0.010 | 14.722 |
| | SO | 214 | 0.048 | 0.017 | 29.722 |
| | OSO | 87 | 0.039 | 0.016 | 12.083 |
| SEPTIEMBRE | NE | 105 | 0.091 | 0.030 | 15.625 |
| | ESE | 76 | 0.033 | 0.011 | 11.310 |
| | SE | 75 | 0.032 | 0.013 | 11.161 |
| OCTUBRE | NE | 73 | 0.049 | 0.014 | 10.139 |
| | ENE | 89 | 0.052 | 0.015 | 12.361 |
| | SSO | 73 | 0.030 | 0.008 | 10.139 |
| | SO | 112 | 0.041 | 0.011 | 15.556 |
| NOVIEMBRE | ENE | 228 | 0.080 | 0.026 | 36.538 |
| | E | 112 | 0.095 | 0.027 | 17.949 |
| DICIEMBRE | ENE | 295 | 0.114 | 0.032 | 40.972 |
| | E | 138 | 0.073 | 0.028 | 19.167 |
| | ESE | 154 | 0.130 | 0.045 | 21.389 |
| ENERO | NE | 107 | 0.112 | 0.028 | 14.861 |
| | ENE | 179 | 0.082 | 0.026 | 24.861 |
| | E | 135 | 0.068 | 0.035 | 18.750 |
| | ESE | 160 | 0.120 | 0.045 | 22.222 |
| FEBRERO | NE | 80 | 0.072 | 0.025 | 12.346 |
| | ENE | 117 | 0.090 | 0.029 | 18.056 |
| | E | 81 | 0.053 | 0.021 | 12.500 |
| | ESE | 124 | 0.068 | 0.027 | 19.136 |
| | SE | 76 | 0.069 | 0.024 | 11.728 |

Tabla 42: Serie temporal mensual Punto 09

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 09 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | SE | 92 | 0.078 | 0.015 | 14.744 |
| | SSE | 99 | 0.058 | 0.010 | 15.865 |
| ABRIL | SE | 95 | 0.051 | 0.019 | 23.284 |
| | SSE | 77 | 0.034 | 0.008 | 18.873 |
| MAYO | SE | 153 | 0.096 | 0.013 | 22.768 |
| | SSE | 127 | 0.062 | 0.006 | 18.899 |
| JUNIO | SE | 116 | 0.044 | 0.010 | 17.901 |
| | SSE | 136 | 0.026 | 0.007 | 20.988 |
| | NO | 104 | 0.063 | 0.012 | 16.049 |
| JULIO | SE | 131 | 0.039 | 0.011 | 18.194 |
| | SSE | 115 | 0.032 | 0.009 | 15.972 |
| | NO | 169 | 0.038 | 0.012 | 23.472 |
| AGOSTO | SE | 183 | 0.048 | 0.010 | 25.417 |
| | SSE | 129 | 0.037 | 0.007 | 17.917 |
| SEPTIEMBRE | SE | 117 | 0.036 | 0.012 | 17.411 |
| | NO | 94 | 0.029 | 0.010 | 13.988 |
| | NNO | 81 | 0.032 | 0.012 | 12.054 |
| OCTUBRE | SE | 124 | 0.033 | 0.010 | 17.222 |
| | SSE | 86 | 0.025 | 0.006 | 11.944 |
| | NO | 106 | 0.031 | 0.009 | 14.722 |
| | NNO | 74 | 0.027 | 0.009 | 10.278 |
| NOVIEMBRE | SE | 91 | 0.043 | 0.023 | 14.583 |
| | NO | 191 | 0.038 | 0.014 | 30.609 |
| | NNO | 89 | 0.034 | 0.013 | 14.263 |
| DICIEMBRE | ESE | 86 | 0.082 | 0.028 | 11.944 |
| | NO | 212 | 0.041 | 0.016 | 29.444 |
| | NNO | 106 | 0.035 | 0.013 | 14.722 |
| ENERO | ESE | 108 | 0.081 | 0.034 | 15.000 |
| | NO | 158 | 0.051 | 0.014 | 21.944 |
| | NNO | 102 | 0.105 | 0.019 | 14.167 |
| FEBRERO | SE | 89 | 0.057 | 0.021 | 13.735 |
| | NO | 116 | 0.057 | 0.014 | 17.901 |
| | NNO | 91 | 0.065 | 0.017 | 14.043 |

Tabla 43: Serie temporal Punto 10

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 10 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | ENE | 90 | 0.095 | 0.026 | 14.423 |
| | E | 77 | 0.104 | 0.028 | 12.340 |
| | SO | 71 | 0.048 | 0.017 | 11.378 |
| ABRIL | ENE | 53 | 0.085 | 0.022 | 12.990 |
| | SE | 43 | 0.027 | 0.013 | 10.539 |
| | SO | 50 | 0.047 | 0.013 | 12.255 |
| | OSO | 48 | 0.083 | 0.023 | 11.765 |
| MAYO | SO | 263 | 0.043 | 0.015 | 39.137 |
| | OSO | 115 | 0.081 | 0.024 | 17.113 |
| JUNIO | NE | 82 | 0.145 | 0.023 | 12.654 |
| | ENE | 92 | 0.125 | 0.020 | 14.198 |
| | SO | 216 | 0.055 | 0.012 | 33.333 |
| JULIO | ENE | 183 | 0.118 | 0.025 | 25.417 |
| | SO | 159 | 0.061 | 0.020 | 22.083 |
| AGOSTO | SSO | 104 | 0.022 | 0.009 | 14.444 |
| | SO | 276 | 0.061 | 0.016 | 38.333 |
| SEPTIEMBRE | NE | 68 | 0.056 | 0.022 | 10.119 |
| | ENE | 100 | 0.063 | 0.023 | 14.881 |
| | ESE | 72 | 0.039 | 0.012 | 10.714 |
| | SE | 86 | 0.034 | 0.014 | 12.798 |
| OCTUBRE | SSO | 96 | 0.022 | 0.007 | 13.333 |
| | SO | 174 | 0.051 | 0.009 | 24.167 |
| | OSO | 86 | 0.056 | 0.014 | 11.944 |
| NOVIEMBRE | NE | 198 | 0.055 | 0.026 | 31.731 |
| | ENE | 168 | 0.076 | 0.026 | 26.923 |
| | E | 85 | 0.098 | 0.028 | 13.622 |
| DICIEMBRE | NE | 220 | 0.146 | 0.034 | 30.556 |
| | ENE | 236 | 0.125 | 0.038 | 32.778 |
| | E | 144 | 0.070 | 0.036 | 20.000 |
| ENERO | NE | 180 | 0.110 | 0.030 | 25.000 |
| | ENE | 215 | 0.072 | 0.026 | 29.861 |
| | E | 160 | 0.078 | 0.039 | 22.222 |
| FEBRERO | NE | 101 | 0.072 | 0.024 | 15.586 |
| | ENE | 165 | 0.091 | 0.027 | 25.463 |
| | E | 120 | 0.057 | 0.022 | 18.519 |
| | ESE | 82 | 0.056 | 0.024 | 12.654 |

Tabla 44: Serie temporal Punto 11

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 11 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | SSE | 70 | 0.055 | 0.011 | 11.218 |
| | S | 89 | 0.056 | 0.010 | 14.263 |
| ABRIL | SE | 49 | 0.038 | 0.017 | 12.010 |
| | SSE | 49 | 0.036 | 0.011 | 12.010 |
| | S | 72 | 0.029 | 0.009 | 17.647 |
| | SSO | 58 | 0.027 | 0.009 | 14.216 |
| MAYO | S | 155 | 0.021 | 0.010 | 23.065 |
| | SSO | 238 | 0.026 | 0.010 | 35.417 |
| JUNIO | S | 110 | 0.033 | 0.009 | 16.975 |
| | SSO | 203 | 0.042 | 0.008 | 31.327 |
| JULIO | NNE | 108 | 0.080 | 0.020 | 15.000 |
| | S | 111 | 0.033 | 0.011 | 15.417 |
| | SSO | 111 | 0.041 | 0.014 | 15.417 |
| AGOSTO | S | 203 | 0.034 | 0.011 | 28.194 |
| | SSO | 224 | 0.041 | 0.012 | 31.111 |
| SEPTIEMBRE | NNE | 120 | 0.048 | 0.016 | 17.857 |
| | ESE | 71 | 0.048 | 0.018 | 10.565 |
| | S | 69 | 0.022 | 0.008 | 10.268 |
| OCTUBRE | S | 206 | 0.026 | 0.008 | 28.611 |
| | SSO | 185 | 0.024 | 0.008 | 25.694 |
| NOVIEMBRE | NNE | 284 | 0.045 | 0.021 | 45.513 |
| | NE | 108 | 0.041 | 0.017 | 17.308 |
| DICIEMBRE | NNE | 262 | 0.072 | 0.026 | 36.389 |
| | NE | 158 | 0.116 | 0.032 | 21.944 |
| | ENE | 130 | 0.061 | 0.027 | 18.056 |
| ENERO | NNE | 220 | 0.078 | 0.022 | 30.556 |
| | NE | 130 | 0.077 | 0.021 | 18.056 |
| | ENE | 105 | 0.056 | 0.028 | 14.583 |
| FEBRERO | NNE | 160 | 0.048 | 0.017 | 24.691 |
| | NE | 91 | 0.061 | 0.021 | 14.043 |
| | ENE | 86 | 0.056 | 0.018 | 13.272 |

Tabla 45: Serie temporal Punto 12

| SERIE TEMPORAL MENSUAL PUNTO 12 | | | | | |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|------------------------|--------|
| Mes | Direcciones predominantes | Número de datos | Intensidad máxima (m/s) | Intensidad media (m/s) | % |
| MARZO | NNE | 74 | 0.071 | 0.020 | 11.859 |
| | NE | 120 | 0.067 | 0.025 | 19.231 |
| | ENE | 74 | 0.101 | 0.035 | 11.859 |
| ABRIL | ENE | 54 | 0.029 | 0.011 | 13.235 |
| | E | 71 | 0.037 | 0.015 | 17.402 |
| | ESE | 49 | 0.048 | 0.021 | 12.010 |
| | SO | 42 | 0.113 | 0.039 | 10.294 |
| MAYO | S | 63 | 0.029 | 0.013 | 9.375 |
| | SSO | 65 | 0.033 | 0.015 | 9.673 |
| | SO | 127 | 0.112 | 0.034 | 18.899 |
| | OSO | 70 | 0.060 | 0.028 | 10.417 |
| JUNIO | S | 74 | 0.041 | 0.012 | 11.420 |
| | SSO | 81 | 0.054 | 0.011 | 12.500 |
| | SO | 71 | 0.099 | 0.022 | 10.957 |
| JULIO | SSO | 99 | 0.052 | 0.023 | 13.750 |
| | SO | 99 | 0.090 | 0.034 | 13.750 |
| AGOSTO | SE | 76 | 0.048 | 0.016 | 10.556 |
| | S | 80 | 0.060 | 0.016 | 11.111 |
| | SSO | 115 | 0.045 | 0.019 | 15.972 |
| | SO | 86 | 0.082 | 0.022 | 11.944 |
| SEPTIEMBRE | NE | 77 | 0.044 | 0.020 | 11.458 |
| | SSO | 88 | 0.054 | 0.018 | 13.095 |
| | SO | 83 | 0.099 | 0.037 | 12.351 |
| OCTUBRE | NNE | 74 | 0.048 | 0.019 | 10.278 |
| | SSO | 113 | 0.035 | 0.015 | 15.694 |
| | SO | 80 | 0.110 | 0.025 | 11.111 |
| NOVIEMBRE | N | 108 | 0.051 | 0.016 | 17.308 |
| | NNE | 76 | 0.038 | 0.017 | 12.179 |
| | SO | 69 | 0.064 | 0.022 | 11.058 |
| DICIEMBRE | NNE | 108 | 0.121 | 0.026 | 15.000 |
| | NE | 165 | 0.096 | 0.027 | 22.917 |
| | ENE | 106 | 0.087 | 0.034 | 14.722 |
| ENERO | NNE | 80 | 0.064 | 0.021 | 11.111 |
| | NE | 153 | 0.049 | 0.023 | 21.250 |
| | ENE | 158 | 0.079 | 0.036 | 21.944 |
| FEBRERO | NNE | 69 | 0.057 | 0.020 | 10.648 |
| | NE | 93 | 0.049 | 0.020 | 14.352 |
| | ENE | 64 | 0.038 | 0.020 | 9.877 |
| | E | 62 | 0.034 | 0.019 | 9.568 |